

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В. Серватинский

«20» 06 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01. Строительство

08.03.01.00.15. Автомобильные дороги

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги в Алтайском
крае

пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

В.И. Жуков

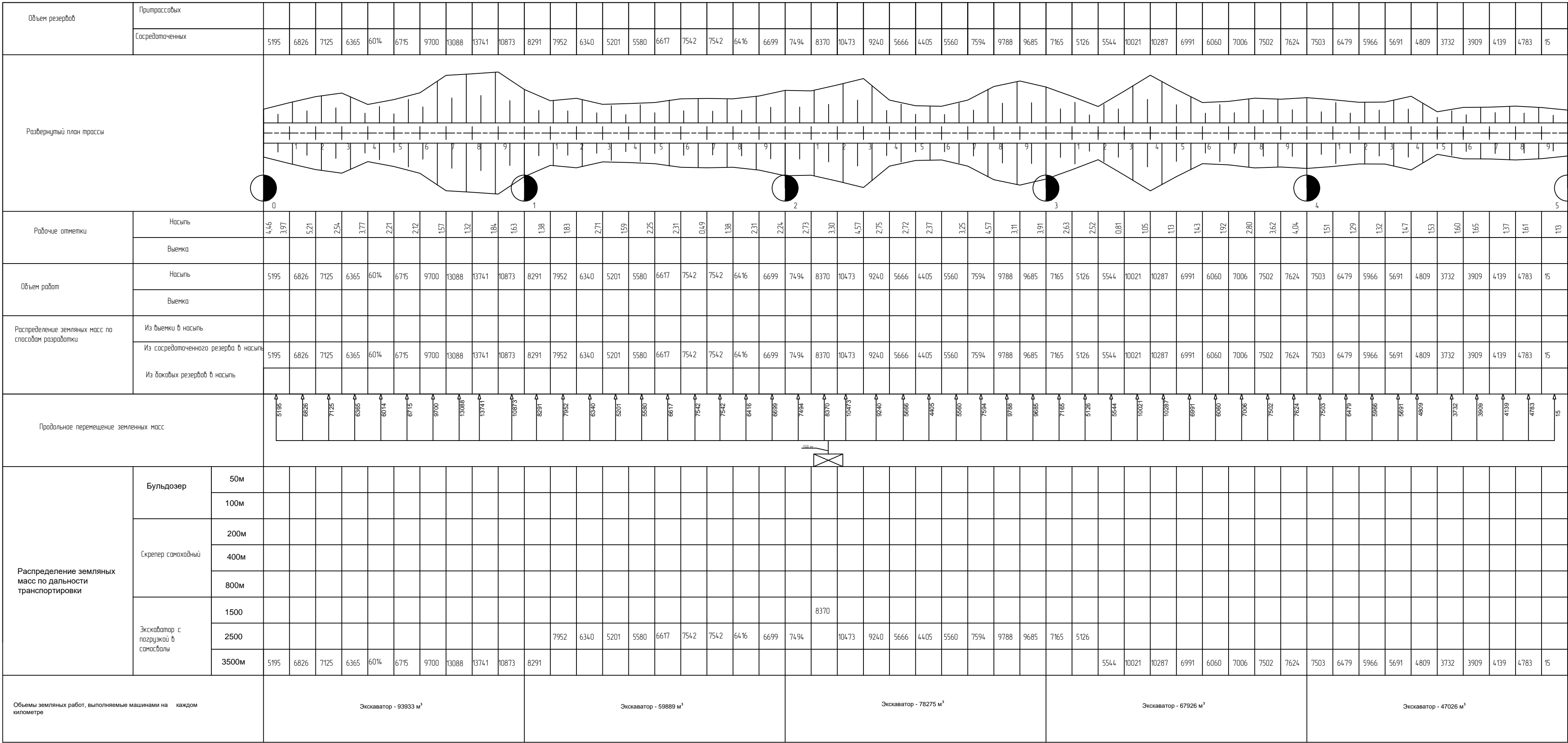
Выпускник

подпись, дата

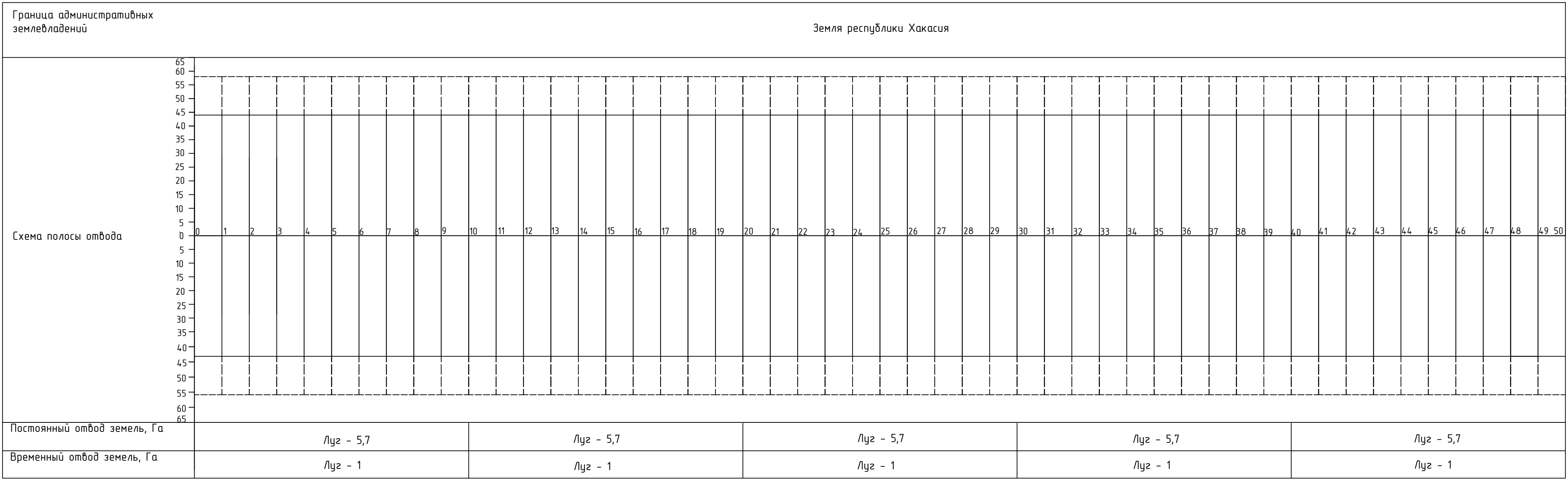
Я.С. Коровай

Красноярск 2017

График распределения земляных масс М1:10000



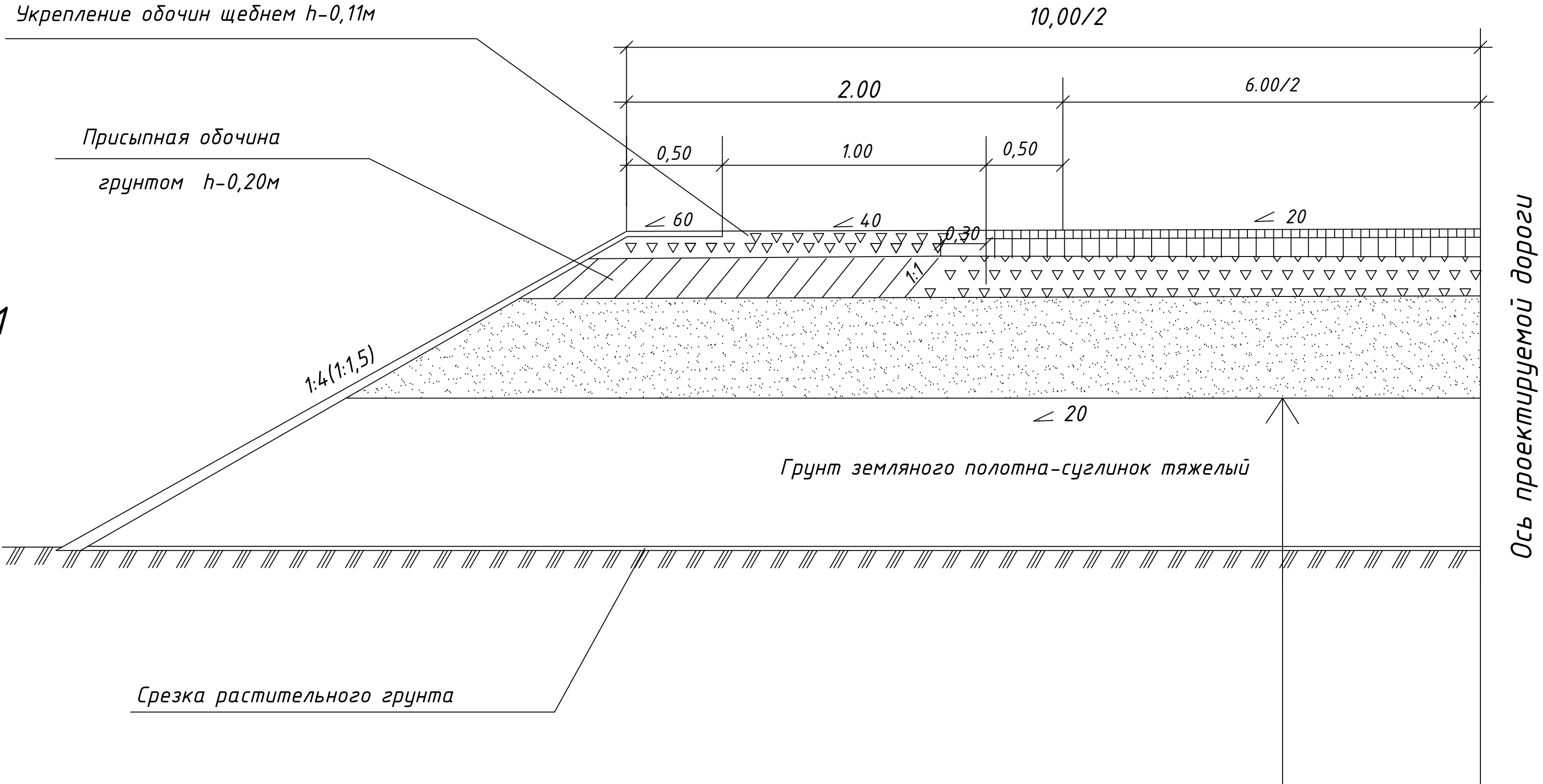
Полоса отвода автомобильной дороги М1:10000



						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист	№ доп.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Алтайском крае	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Коровай Я.С.					у	5	8
Проб.		Жиков В.И.				График распределения земельных масс и полоса отвода земель	Кафедра АД и ГС		
Заб. кафедр.		Сергаченко В.В.							

КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Вариант 1 (принятый) Тип 1



Гравийные смеси С-5 непрерывной гранулометрии (ГОСТ 8267-93)	-0,25
Щебень фракционированный легкоуплотняемый-по способу закладки (ГОСТ 8267-93)	-0,20
Асфальтобетон пористый горячий на битуме БНД марки 60/90 крупнозернистый марки I (по ГОСТ 9128-97)	-0,06
Асфальтобетон плотный горячий на битуме марки 60/90 мелкозернистый тип Б, марки I (ГОСТ 9128-97)	-0,05

						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
<i>Изм.</i>	<i>Колуч</i>	<i>Лист</i>	<i>N докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Реконструкция участка автомобильного дорожного в Алтайском крае	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.							У	6	8
Пров.						Конструкция дорожной одежды	Кафедра АДИГС		
<i>Зав. кафедр</i>									
						Светлановский В.В.			

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
В.В. Серватинский
подпись
« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Коровай Ярославу Сергеевичу
Группа ДС 13-11 Направление (специальность) 08.03.01.00.15
«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Проект реконструкции автомобильной дороги в Алтайском крае.

Утверждена приказом по университету № 6962 от 30.05.17.

Руководитель ВКР В.И. Жуков, профессор кафедры автомобильных дорог и городских сооружений, ИСИ СФУ.

Исходные данные для ВКР: план и продольный профиль существующей дороги, интенсивность движения, район проектирования, климатические данные.

Перечень разделов ВКР: природные условия, анализ существующей дороги, реконструкция дороги, обустройство дороги, деталь, соображения по организации реконструкции.

Перечень графического материала: план, комплексная оценка безопасности движения дороги до и после реконструкции, детальный продольный профиль реконструируемой дороги, типы поперечных профилей, график распределения земляных масс и полоса отвода, варианты дорожной одежды, детальное проектирование, линейно-календарный график.

Руководитель ВКР



подпись

В. И. Жуков

Задание принял к исполнению

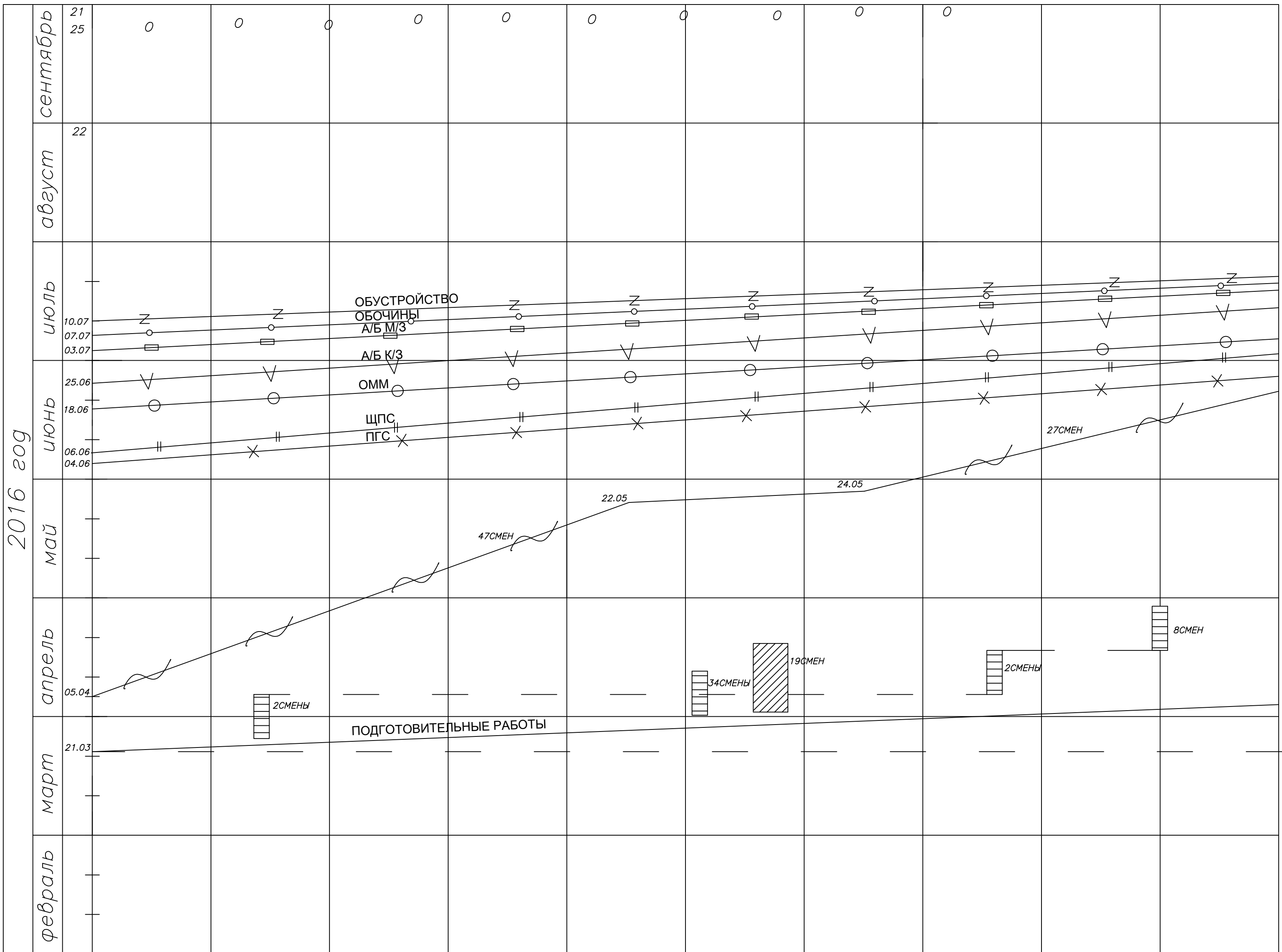


подпись

Я. С. Коровай

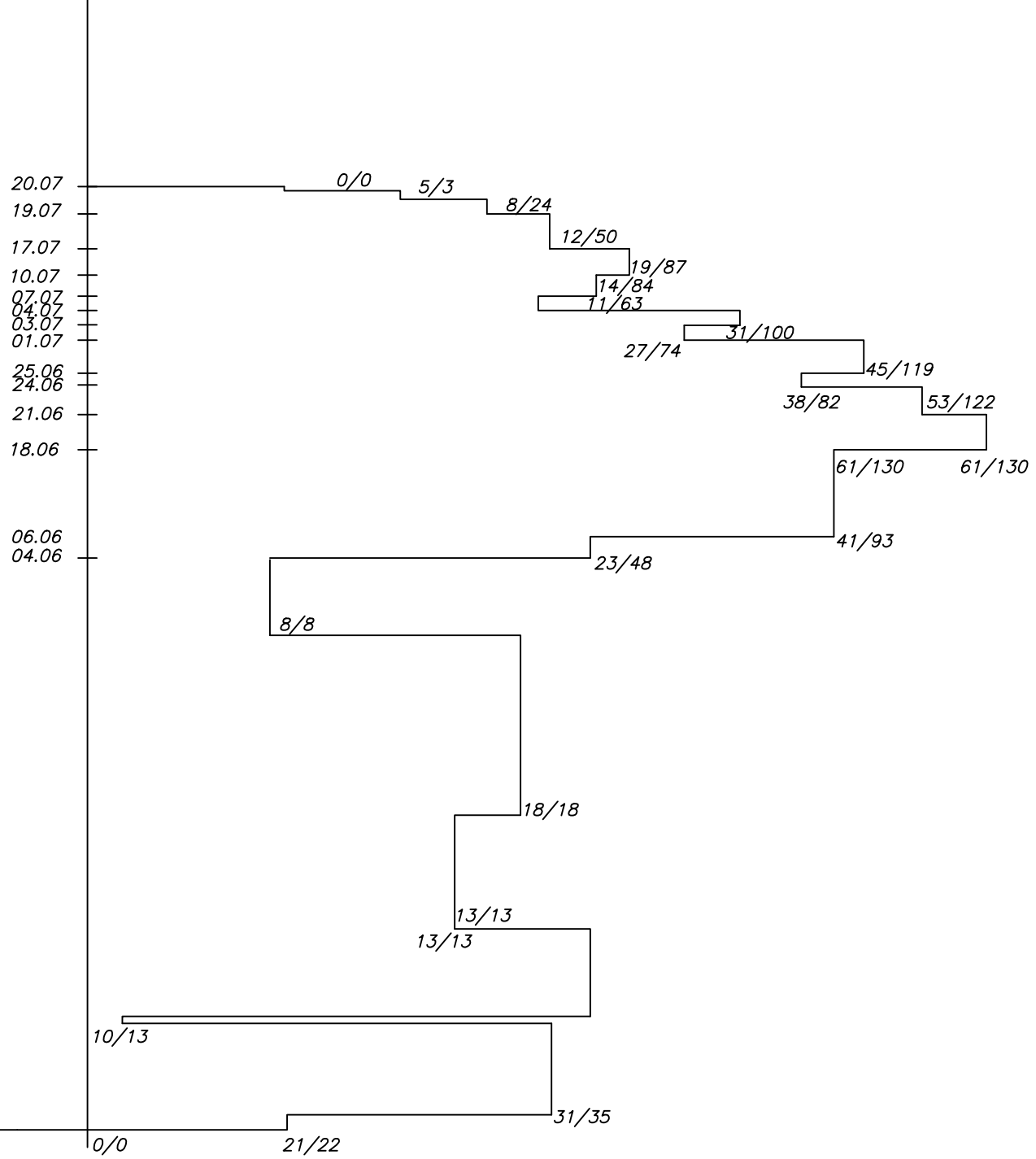
« 22 » июня 2017 г.

ЛИНЕЙНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК



ЭПЮРА

потребности в СДМ и рабочей силе



Условные обозначения

- Работа автовозки
- Работа автоскрепера
- Ж/б трубы

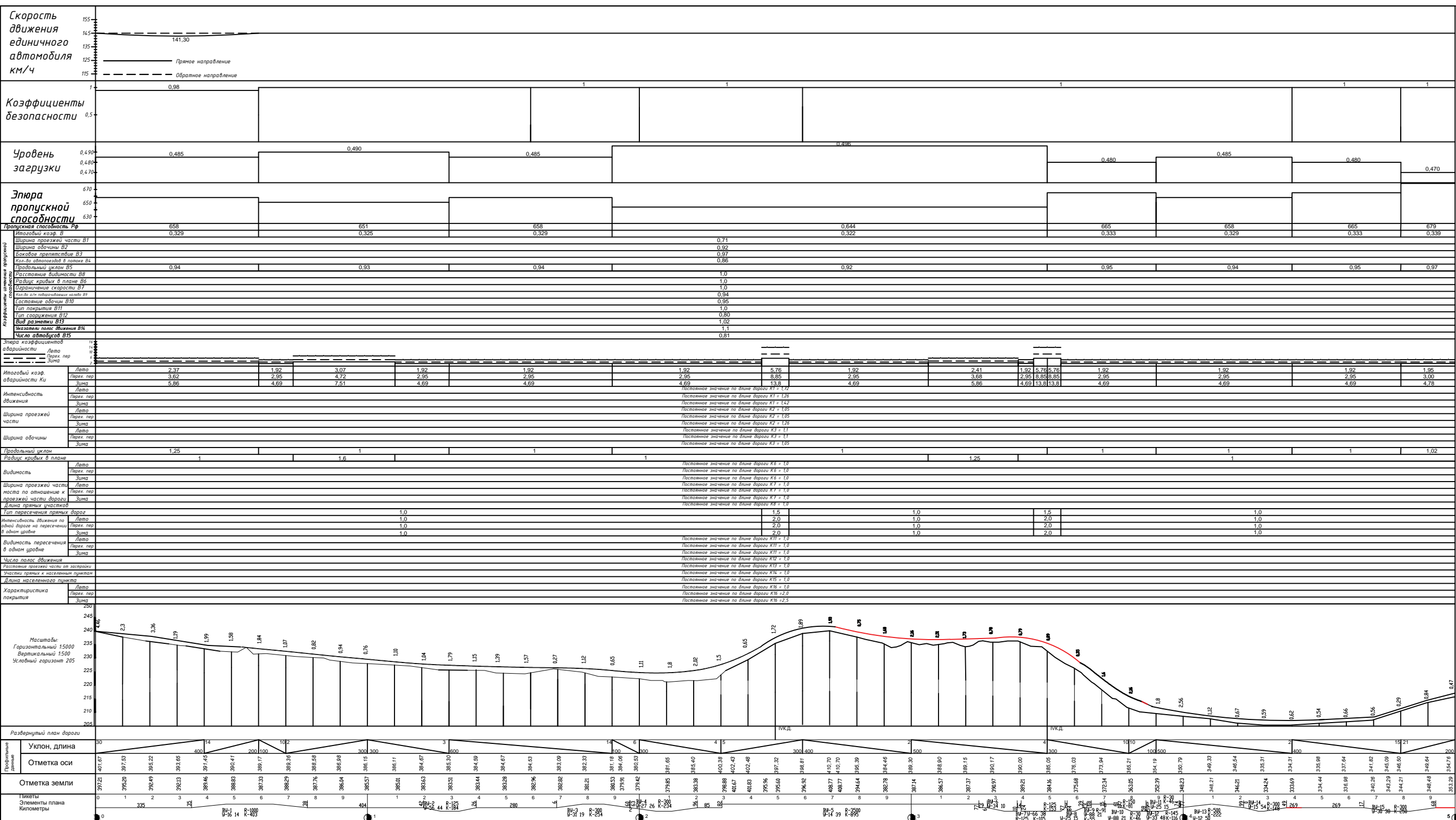
- Устройство основания из ПГС
- Устройство основания из ЩПС
- Устройство основания из ОММ (по м-ду хол. ресайклинга)
- Устройство нижнего слоя покрытия
- Устройство верхнего слоя покрытия
- Линейные зем. работы (автовозка)
- Устройство обочин
- Обустройство

18/18—В числителе—количество ДСМ
В знаменателе—количество рабочих

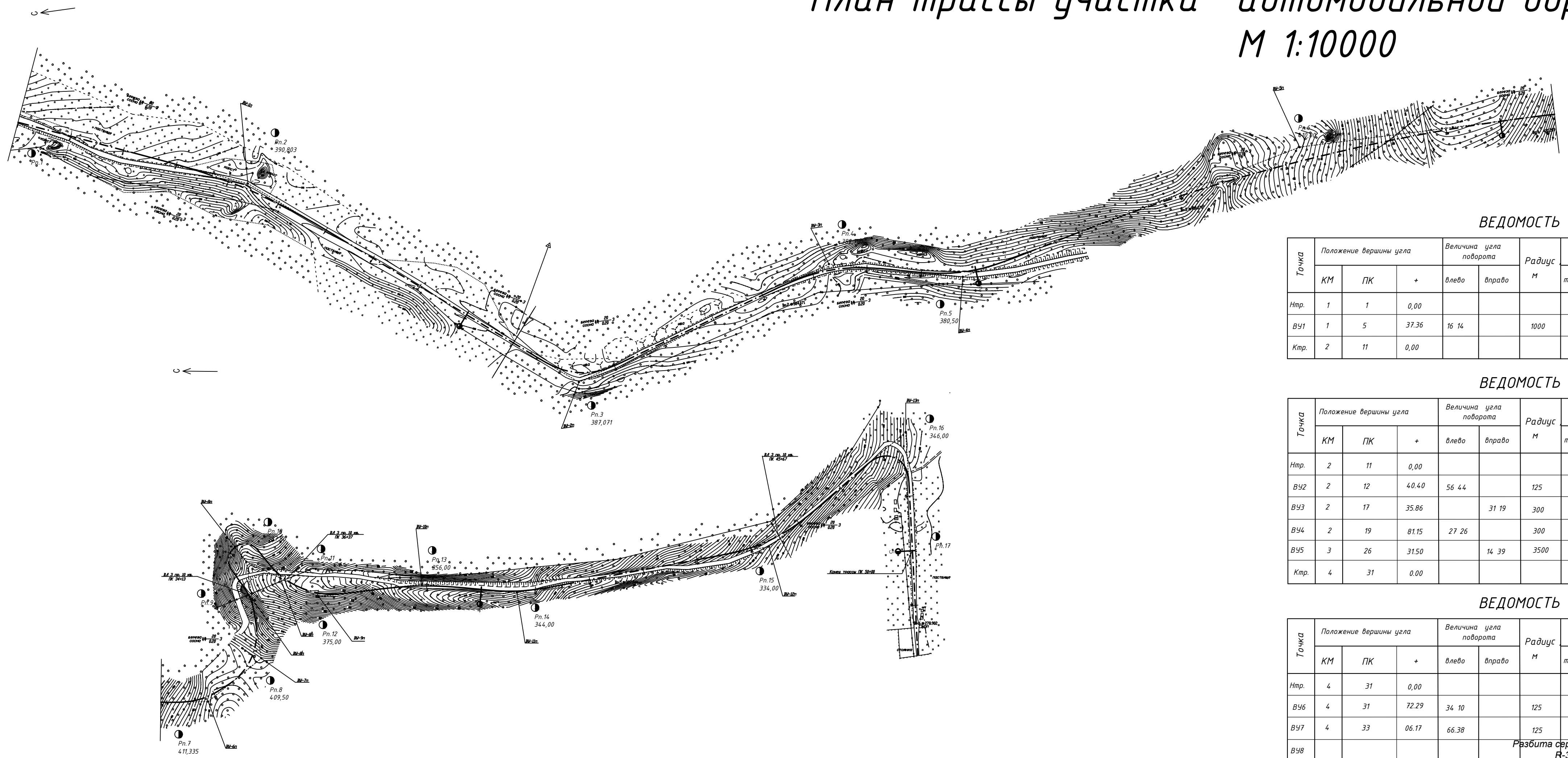
Километры				0	1			2			3			4			5					
Схематический план трассы				<div>ж/б труба</div> <div>ПК33Щебень</div> <div>ж/б труба</div> <div>ж/б труба</div>																		
				<div>ПГС</div> <div>ПК33АБЗ</div>																		
Искусственные сооружения	Диаметр трубы			d=1.5 м									d=1.5м			d=1.5м						
	Кол-во смен			N=11 смен									N=11смен			N=8смен						
Земляные работы (куб. м)	Автоскрепер												2734.5								Всего	
	Автовозка			122100					21367,5		9760,9		80768		4883		8106,6		75999.0			
Кол-во самосвалов КАМАЗ5511 в смену по перевозке	Материал	Ед. изм.	Объем на захватку																			
	ПГС	т	4213,2	27	23	27	30	34	37	40	43	46	49	ср.36								
	ПЩС	т	3637,1	26	22	19	17	20	24	27	31	35	38	ср.26								
	ЩПС для ОММ	т	1134,0	7	6	5	5	6	7	8	9	10	11	ср.7								
	А/б к/з	т	1583,2	9	8	7	7	8	9	10	11	12	13	ср.9								
	А/б м/з	т	1150,2	6	6	5	5	6	7	7	8	9	10	ср.7								
Обочина			т	2827,44	18	15	18	20	23	25	28	31	34	36	ср.25							
Обустройство автодороги				30 дорожных знаков																		

Примечание: ОММ—органоминеральный материал

ВКР - 08.03.01.0015 - 2017					
Сибирский Федеральный университет					
Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ доп.	Подп.	Дата
Разраб.	Коробай Я.С.				
Пров.	Жуков В.И.				
Реконструкция участка автомобильной дороги в Алтайском крае			Стадия	Лист	Листов
			у	8	8
Линейный календарный график			Кафедра АД и ГС		
Зав.кафед.	Сербатинский В.В.				



План трассы участка автомобильной дороги
М 1:10000



ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус м	Элементы кривой , м					Положение переходных кривых					Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м				
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	начало	конец	конец	начало							
Нтр.	1	1	0,00																			
Ву1	1	5	37.36	16 14		1000	202.70	202.70	120.00	120.00	403.33	10.72	3	34.66	4	54.66	6	97.99	7	37.99	437.36	234.66
Ктр.	2	11	0,00																		564.71	362.01

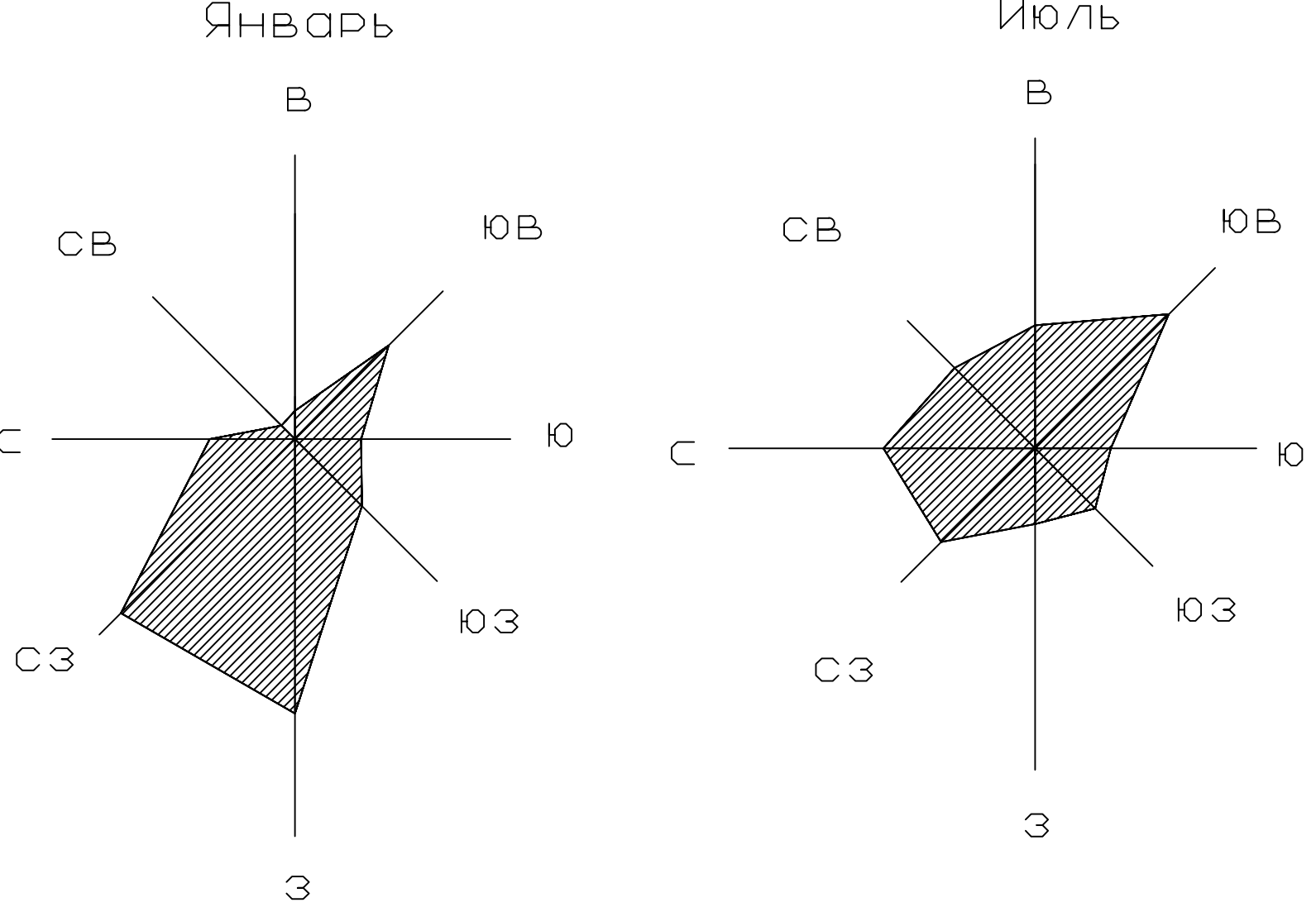
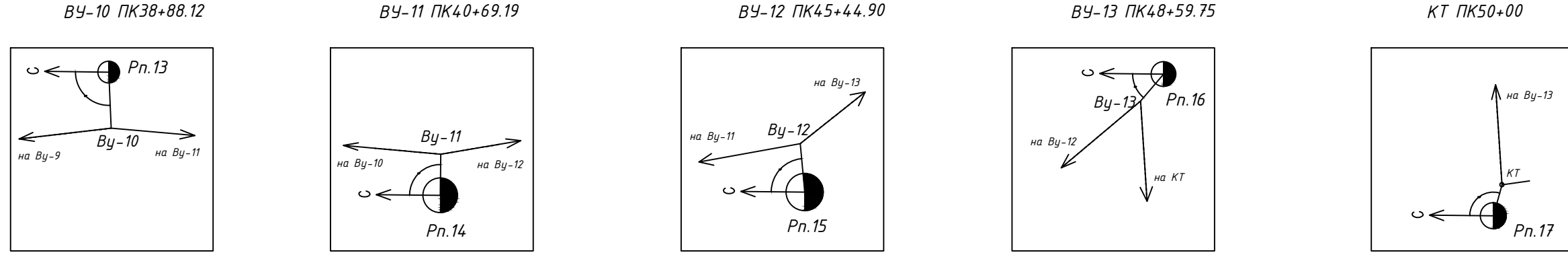
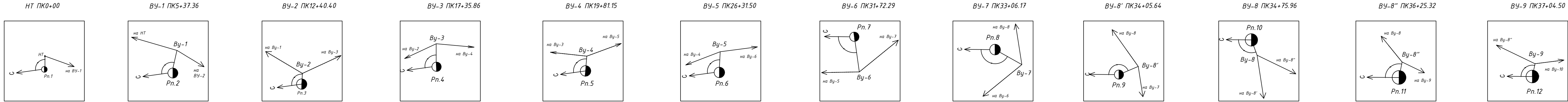
ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус М	Элементы кривой , м				Положение переходных кривых						Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м							
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	начало							конец						
												ПК	+	ПК	+	ПК			+	ПК	+	ПК	+	ПК	+
Нтр.	2	11	0,00																						
ВУ2	2	12	40.40	56 44		125	98.08	98.08	60.00	60.00	183.77	18.42	11	42.32	12	02.32	12	66.09	13	26.09			140.40	42.32	
ВУ3	2	17	35.86		31 19	300	129.37	129.37	90.00	90.00	253.97	12.73	16	06.49	16	96.49	17	70.46	18	60.46			507.05	280.40	
ВУ4	2	19	81.15	27 26		300	118.47	118.47	90.00	90.00	233.64	9.96	18	62.68	19	52.68	20	06.33	20	06.33			250.06	2.22	
ВУ5	3	26	31.50		14 39	3500	449.91	449.91	0.00	0.00	894.92	28.80	21	81.59	21	81.59	30	76.51	30	76.51			653.64	85.26	
																							473.41	23.49	
Ктр.	4	31	0.00																						

ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус м	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых					Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м				
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	начало	конец	конец	начало							
Нтр.	4	31	0,00															72,29	5,70			
В46	4	31	72,29	34 10		125	66,59	40,55	60,00	0,00	104,54	6,41	31	05,70	31	65,70	32	10,24	32	10,24	136,48	13,69
В47	4	33	06,17	66,38		125	82,24	89,63	0,00	15,00	152,87	24,63	32	23,93	32	23,93	33	61,80	33	76,80		
В48	Разбита сепаратриса с параметрами, основной R-30, вспомогательные R-150																					
В49	4	37	04,50	33 48		145	45,91	72,47	0,00	60,00	115,54	7,10	36	58,58	36	58,58	37	14,12	37	74,12	186,47	2,68
В410	4	38	88,12		12 50	500	111,32	111,32	110,00	110,00	221,99	4,17	37	76,80	38	96,80	38	98,79	39	98,79	181,72	1,48
В411	5	40	69,19	15 54		300	68,91	80,02	50,00	80,00	148,25	3,54	40	00,28	40	50,28	40	48,53	41	48,53	476,39	268,93
В412	5	45	44,90	30 38		300	127,44	127,44	90,00	90,00	250,40	12,21	44	17,46	45	07,46	45	77,86	46	67,86	319,33	89,45
В413	5	48	59,75		128 14	40	102,44	102,44	35,00	35,00	124,52	54,53	47	57,31	47	92,31	48	46,83	48	81,83	412,61	310,17
Ктр.	4	50	00																			

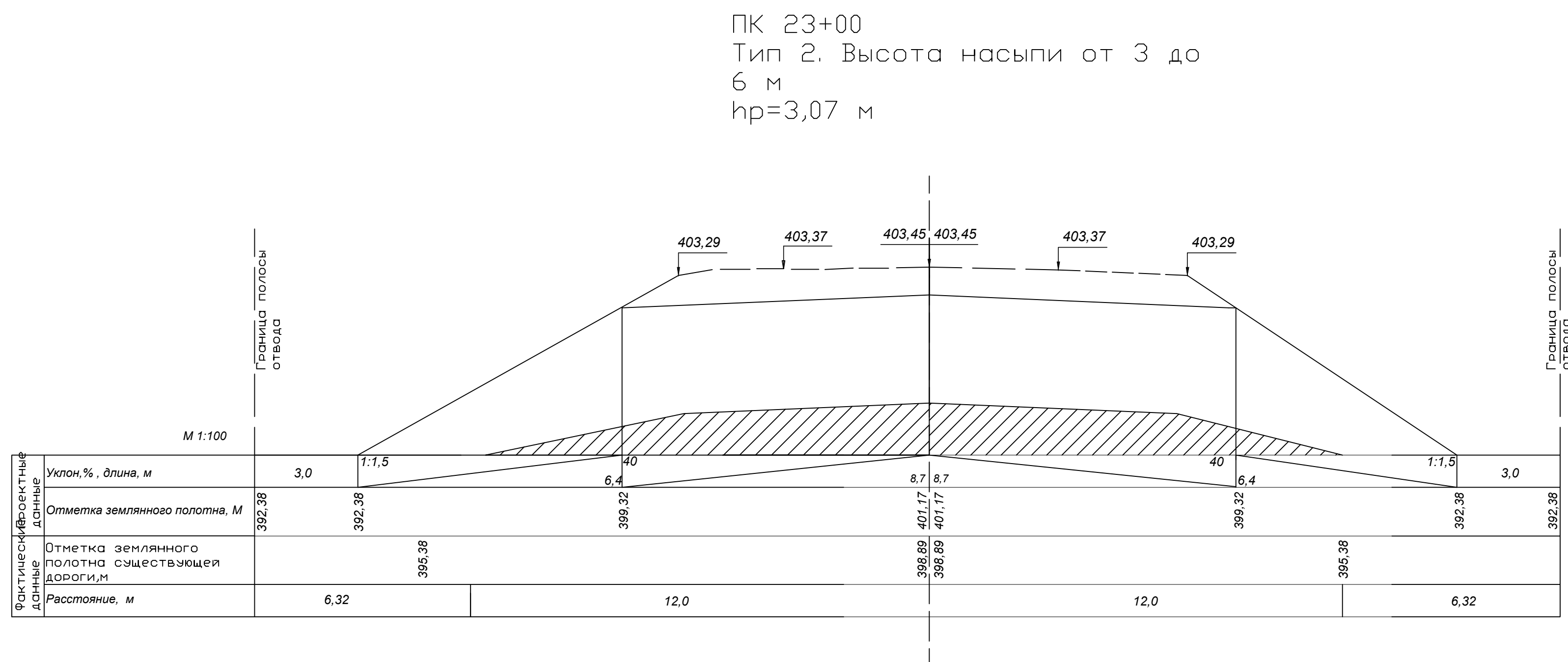
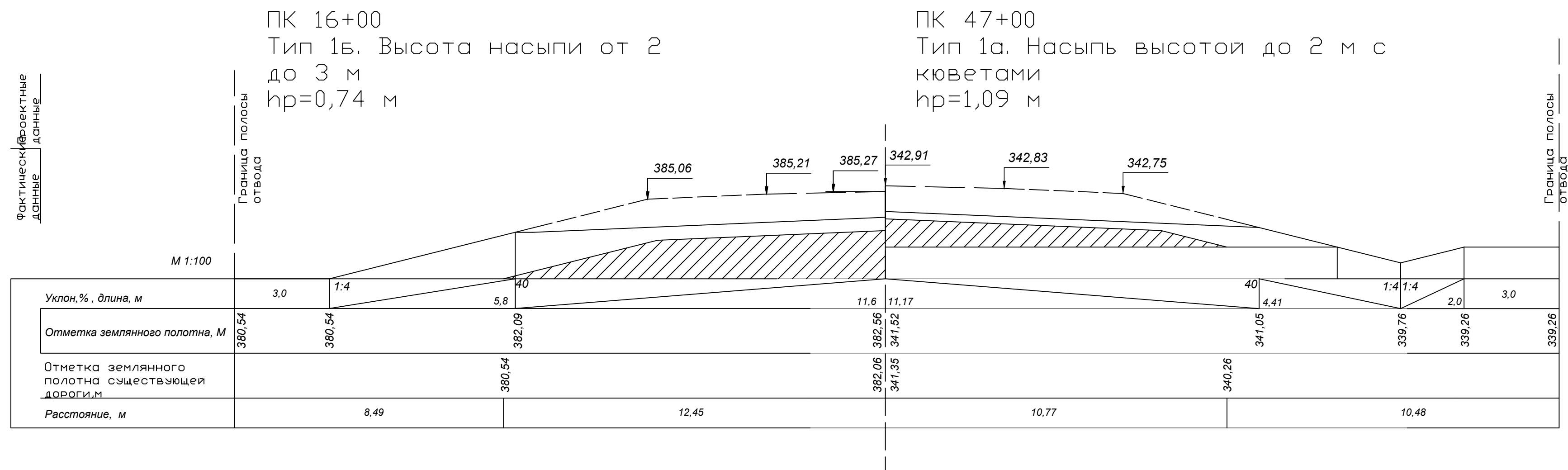
Разбита серпантин с параметрами: основной R=30, вспомогательные R=130



	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	4/4,5	3/4,2	3/4,4	10/6,5	17/7,6	21/6,3	29/5,1	37/4,4
Июль	10/3,7	17/3,7	8/3,8	12/4,4	8/4,2	16/4,1	14/3,6	10/3

						ВКР - 08.03.01.0015 - 2017			
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Лист	Исход.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Алтайском крае	Страница	Лист	Листов
Разраб.			Коровай Я.С.				У	1	8
Проб.			Жуков В.И.			Карта, розы ветров, ведомость углов поворотов, прямых и кривых, привязка трассы	Кафедра АДИС		
Зав.кафедр.			Серватинский В.В.						

Привязка поперечных профилей



Тип поперечного профиля	Местоположение		Расстояние
	от ПК+	до ПК+	
IA	0+00	0+40	40
I	0+40	1+00	60
I	1+00	1+39	39
IA	1+39	2+00	61
IA	2+00	3+45	45
I	3+45	4+00	55
I	4+00	5+00	100
I	5+00	5+25	25
II	5+25	6+00	75
II	6+00	7+00	100
II	7+00	8+00	100
II	8+00	9+00	100
II	9+00	9+55	55
I	9+55	10+00	45
I	10+00	11+00	100
I	11+00	12+00	100
I	12+00	13+00	100
I	13+00	14+00	100
I	14+00	15+00	100
I	15+00	15+59	59
II	15+59	16+00	41
II	16+00	17+00	100
II	17+00	18+00	100
II	18+00	19+00	100
II	19+00	19+90	90
I	19+90	20+00	10
I	20+00	20+80	80
IA	20+80	21+00	20
IA	21+00	21+16	16
I	21+16	22+00	84
I	22+00	22+26	26
II	22+26	23+00	76
II	23+00	24+00	100
II	24+00	25+00	100
I	25+00	25+60	60
IA	25+60	26+00	40
IA	26+00	26+25	25
I	26+25	26+40	15
II	26+40	27+00	60
II	27+00	28+00	100
II	28+00	28+50	50
I	28+50	29+00	50
I	29+00	30+00	100
I	30+00	31+00	100
I	31+00	32+00	100
I	32+00	33+00	100
I	33+00	34+00	100
I	34+00	35+00	100
I	35+00	36+00	100
I	36+00	36+15	15
II	36+15	37+00	85
II	37+00	38+00	100
II	38+00	38+95	95
I	38+95	39+00	5
I	39+00	40+00	100
I	40+00	41+00	100
I	41+00	42+00	100
I	42+00	42+90	90
II	42+90	43+00	10
II	43+00	43+07	7
I	43+07	43+80	73
IA	43+80	44+00	20
IA	44+00	45+00	100
IA	45+00	46+00	100
IA	46+00	47+00	100
II	47+00	47+50	50
III	47+50	48+00	50
III	48+00	48+50	50
II	48+50	49+00	50
II	49+00	49+30	30
IA	49+30	50+00	70

						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017				
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ докл.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Алтайском крае	Статья	Лист	Листов	
Разраб.		Корова Я.С.					у	4	8	
Проб.		Жуков В.И.								
						Типы поперечных профилей, их привязка к конструкции дорожной одежды	Кафедра АД и ГС			
Зав.кафедр.		Коротомаскин В.В.								

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.В. Серватинский
«___» _____ 20__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01. Строительство

08.03.01.00.15. Автомобильные дороги

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги в Алтайском
крае
пояснительная записка

Руководитель	_____	_____	В.И. Жуков
	подпись, дата	должность, ученая степень	
Выпускник	_____		Я.С. Коровай
	подпись, дата		

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Природные условия района проектирования.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Рельеф.....	7
1.3 Растительность и почвы.....	7
1.4 Инженерно – геологические условия.....	8
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов	8
1.6. Заключение по природным условиям района проектирования.....	8
2 Анализ существующей дороги.....	8
2.1 План трассы.....	8
2.2 Земляное полотно.....	9
2.3 Искусственные сооружения.....	10
2.4 Дорожная одежда.....	10
2.5 Обустройство дороги.....	10
2.6 Комплексная оценка безопасности движения.....	10
2.6.1 Расчет скоростей движения.....	10
2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности.....	12
...	
2.6.3 Оценка по графикам коэффициента безопасности.....	13
2.6.4 Оценка по пропускной способности.....	13
2.7.3 Заключение по комплексной оценке безопасности движения.....	14
3 Реконструкция дороги.....	15
3.1 Определение категории дороги.....	15
3.2 План трассы.....	18
3.3 Продольный профиль.....	18
3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек.....	18
3.3.2 Описание проектной линии.....	21
3.4 Поперечный профиль.....	21
3.5 Дорожный водоотвод.....	21
3.6 Расчет дорожной одежды	25
3.6.1 Расчет первого варианта дорожной одежды.....	26
3.6.1.1 Расчет дорожной одежды по упругому прогибу.....	26
3.6.1.2 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.....	27
3.6.1.3 Расчет на активное сопротивление сдвигу в грунте земляного полотна.....	30
3.6.1.4 Расчет на активное сопротивление сдвигу в несвязном слое конструкции дорожной одежды.....	31
3.6.1.5 Расчет на морозоустойчивость.....	32
3.6.2 Расчет второго варианта дорожной одежды.....	34
3.6.2.1 Расчет дорожной одежды по упругому прогибу.....	34

3.6.2.2 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.....	35
3.6.2.3 Расчет на активное сопротивление сдвигу в грунте земляного полотна.....	36
3.6.2.4 Расчет на активное сопротивление сдвигу в несвязном слое конструкции дорожной одежды.....	38
3.6.3.5 Расчет на морозоустойчивость.....	39
3.7 Искусственные сооружения.....	40
3.8 Комплексная оценка безопасности движения.....	41
3.9 Подсчет объема земляных работ.....	42
3.10 Полоса отвода.....	42
4 Обустройство дороги.....	42
5 Деталь. Проектирование серпантины.....	43
5.1 Расчет элементов серпантины.....	44
5.2 Размещение серпантины на местности.....	48
6 Соображения по организации реконструкции.....	50
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52
Приложение А Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды.....	54
Приложение Б Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды.....	60
Приложение В Расчет объема земляных работ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт на сегодняшний день имеет одно из важнейших значений в развитии экономики любого государства. Наряду с другими регионами РФ Алтайский край обладает обширной транспортной сетью, которая выполняет особую роль в развитии.

Для Алтайского края проблема дорожного строительства является одной из важнейших. Основной его задачей является более полное и своевременное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в перевозках, ускорение доставки грузов и передвижения на основе существенного повышения мощности и качества работы всей транспортной системы, а также улучшения транспортных связей между экономическими районами страны. При реконструкции перестраивают в дорожном сооружении в первую очередь земляное полотно в соответствии с повышенными расчетными скоростями, нагрузкой и перспективной интенсивностью движения. Необходимость реконструкции возникает вследствие физического и морального старения дороги.

Многократное и многолетнее воздействие движущихся автомобилей и природно-климатических факторов, увеличение осевых нагрузок и доли тяжелых автомобилей в транспортном потоке приводит к накоплению усталостных и остаточных деформаций как в автомобильной дороге, так и в дорожных сооружениях.

В условиях недостаточного финансирования транспортной отрасли происходит накопление объемов дорожно-ремонтных работ.

Смена поколений автомобилей, изменение взглядов водителей и пассажиров на комфортность движения приводят к повышению требований, предъявляемых к дороге. Наряду с возросшими требованиями к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам дороги меняются взгляды и на ее архитектурно-эстетическое состояние.

В соответствии с заданием на дипломное проектирование, разработан проект реконструкции автомобильной дороги в Алтайском крае протяженностью 5 км.

Проект реконструкции автомобильной дороги разработан в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, типовых проектов и инструкций по составлению проектов и смет для дорожного строительства.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Алтайский край входит в II дорожно-климатическую зону согласно классификации по СП 34.13330.2012 [1].

Климатическая характеристика района проводится по СП 131.13330.2012 [2]. Необходимые для расчетов и проектирования дороги данные приведены в ведомости климатических показателей (таблица 1) и среднестатистические данные (таблицы 2-4).

Таблица 1 - Ведомость климатических показателей

№п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
1	Абсолютная температура воздуха -минимальная -максимальная	°C	-52
			+39
2	Средняя температура наружного воздуха холодной пятидневки 0,98 0,92	°C	-39
			-36
3	Преобладающее направление ветра: декабрь-февраль июнь-август		ЮЗ
			3
4	Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	4,1
5	Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	0
6	Среднемесячная относительная влажность воздуха: -наиболее холодного месяца -наиболее теплого месяца	%	78
			68
7	Количество осадков за: -ноябрь-март -апрель-октябрь	м	130
			360
8	Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	м	0,5
9	Глубина промерзания	м	1,4

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Темп, °С	-18, 2	-16,0	-6,3	3,9	11,4	17,5	19,9	16,8	10,0	2,2	- 7,3	-15,4
-------------	-----------	-------	------	-----	------	------	------	------	------	-----	----------	-------

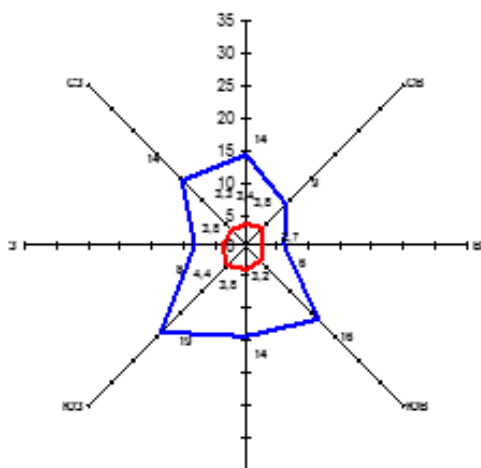
Таблица 3 - Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	4	3	3	10	17	21	29	37
Скорость, м/с	4,5	4,2	4,4	6,5	7,6	6,3	5,1	4,4

Таблица 4 - Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	10	17	8	12	8	16	14	10
Скорость, м/с	3,7	3,7	3,8	4,4	4,2	4,1	3,6	3

По таблицам 2-4 строим розы ветров и дорожно-климатический график.



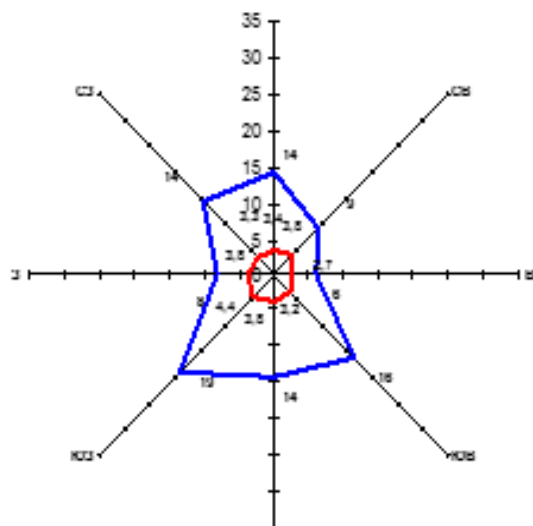


Рисунок 2 – Роза ветров за июль

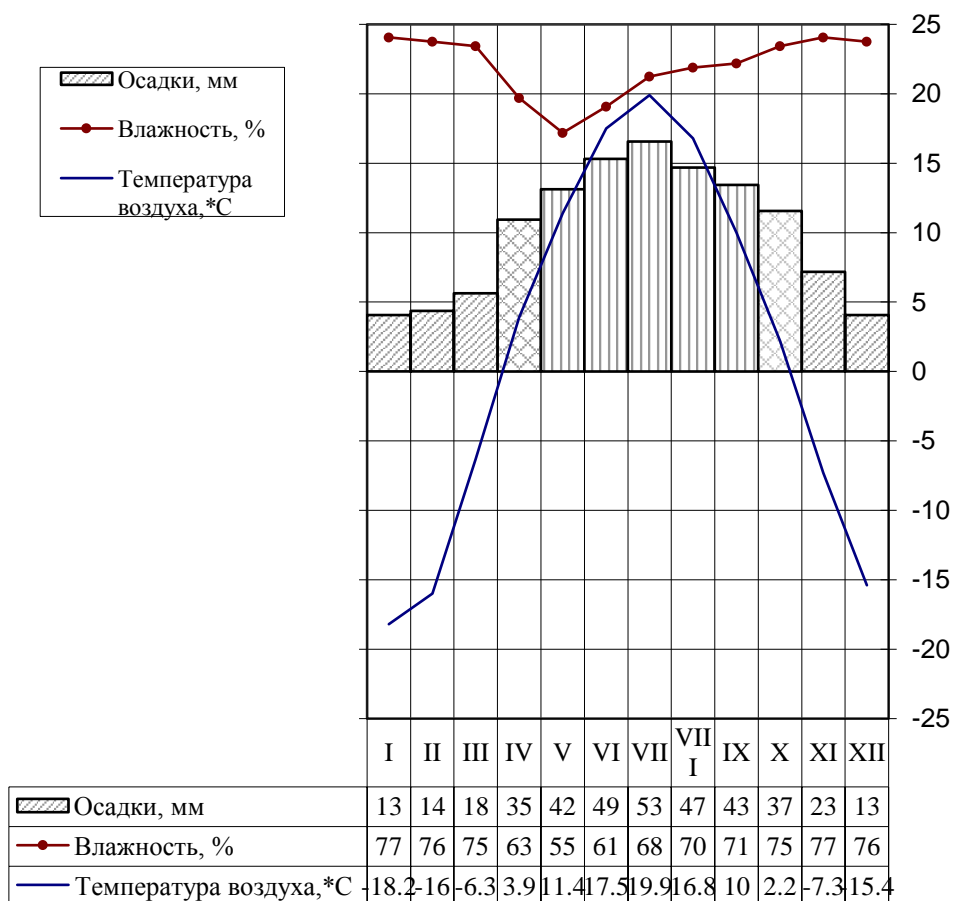


Рисунок 3 – Дорожно-климатический график

1.2 Рельеф

Район представляет собой равнинно-холмистый рельеф. В крае присутствуют почти все природные зоны России - степь и лесостепь, тайга и

горы. Равнинная часть края характеризуется развитием степной и лесостепной природных зон, с ленточными борами, развитой балочно-овражной сетью, озёрами и колками. Трудных участков с указанным выше колебанием отметок нет. В целом рельеф местности позволяет проектировать земляное полотно с невысокими насыпями.

1.3 Растительность и почвы

Почвы представлены чернозёмами, главным образом - выщелоченными и оподзоленными, а также серыми лесными почвами.

Растительность района на северо-западе представлена лесостепью и тайгой, с преобладанием берез и осин, с темно-зелеными пятнами елей и кедров. Встречаются участки, поросшие кустарником.

1.4 Инженерно-геологические условия

Основание равнин и отдельные низкогорные массивы сложены сланцами, песчаниками, известняками, а также туфами и сиенитами палеозойского возраста, которые на более пониженных участках перекрыты суглинками, лессами и супесями.

Водные ресурсы Алтайского края представлены поверхностными и подземными водами. Наиболее крупные реки (из 17 тысяч) - Обь, Бия, Катунь, Чумыш, Алей и Чарыш. Из 13 тысяч озёр самое большое - Кулундинское озеро, его площадь 728 км². Главная водная артерия края, река Обь - длиной в пределах края 493 км, образуется от слияния рек Бии и Катунь. Бассейн Оби занимает 70 % территории края.

1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов

Лучшие строительные пески встречаются в руслах рек. Многочисленные острова, мели и береговые валы сложены тонкозернистыми до крупнозернистых речными песками, которые можно использовать в строительном деле. Известно более 50 месторождений русловых песков - Обь, Бия, Катунь, Чумыш, Алей и Чарыш.

1.6 Заключение по природным условиям района проектирования

Изучив район проектирования, можно сказать, что по всем природно-климатическим параметрам район является благоприятным для дорожного строительства. Трасса проектируется во II дорожно-климатической зоне, что необходимо учесть при проектировании и подборе дорожно-строительных

материалов для возведения тела насыпи и уплотнении. Вывод: дорожное строительство в данном районе возможно.

2 Анализ существующей дороги

Данный участок автомобильной дороги относится к дорогам общего пользования. Полная протяженность участка трассы 5,0 км. Так же имеется участок с серпантиной, находящийся на ПК33 - ПК37.

2.1 План трассы

Элементы плана трассы данной дороги соответствуют параметрам для дорог IV категории. Длина данного участка трассы составляет 5,0 км. Трасса имеет 15 углов поворота. Наибольший радиус кривой составляет 50000 м, наименьший 4000 м.

2.2. Земляное полотно

Продольный профиль существующей дороги соответствует параметрам для IV категории дорог. Наименьший радиус вогнутой кривой 8,5 тыс. м, выпуклой кривой 10 тыс. м. Наибольший продольный уклон 38 ‰. Наименьшая видимость составляет 300 м.

Рабочие отметки варьируются в пределах от 1,06 м до 2,50 м. Наибольшая отметка оси проезжей части 410,70 м, наименьшая 334,31 м. С ПК 7+00 по ПК 13+00, с ПК 26+00 по ПК 31+00 $i_{\text{прод}} < 5\text{‰}$, что не соответствует нормативным значениям СП 34.13330.2012 [1].

Технические показатели проектной линии для продольного профиля данной автомобильной дороги частично не соответствуют IV категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Поэтому необходимо изменить проектную линию.

Поперечный профиль существующей дороги не соответствует параметрам для дорог IV категории. Заложение откосов 1:1,5 на всем протяжении трассы, что не соответствует пункту 7.27 СП 34.13330.2012 [1].

Поверхностный водоотвод осуществляется за счет выпуклого очертания поверхности дороги. Поперечный водоотвод осуществляется с помощью искусственных сооружений. С ПК 7+00 по ПК 13+00, с ПК 40+00 по ПК 43+00 не обеспечен продольный водоотвод, так как $i_{\text{прод}} < 5\text{‰}$.

2.3 Искусственные сооружения

На участке дороги располагается пять водопропускных трубы. Они находятся согласно рельефу местности в пониженных местах, пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 3% и

удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Существующие трубы находятся в хорошем состоянии и не требуют проведения ремонта или замены. Основные характеристики водопропускных труб представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	05+80	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,95
2	18+50	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	76	19,76
3	29+30	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,15
4	32+40	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,95
5	41+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,15

2.4 Дорожная одежда

На всем протяжении существующая дорожная одежда переходного типа из песчано-гравийной смеси. Покрытие находится в неудовлетворительном состоянии. Толщина покрытия, почти на всем протяжении реконструируемого участка не выдержана, колеблется от 5 до 7 см. Наблюдаются просадочные деформации проезжей части и обочин, колеиность.

2.5 Обустройство дороги

На всем протяжении участка трассы отсутствуют ограждения и сигнальные столбики. Присутствует только знаки 6.3 «Километровый знак», расположенные через 1 км друг от друга.

2.6 Комплексная оценка безопасности движения

Комплексная оценка безопасности движения выполняется в соответствии с учебным пособием «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4].

2.6.1 Расчет скоростей движения

Для оценки скорости движения при проектировании используем метод А.А. Бельского. Этот метод позволяет анализировать движение по продольному профилю, состоящему из круговых и прямых участков.

Данные для расчета:

- 1) Автомобиль ГАЗ-24 «Волга»;
- 2) Начальная максимальная скорость движения 145км/час;
- 3) Покрытие щебеночно-песчаное, коэффициент сопротивления качению $f=0,025$.

Расчетная скорость определяется по формуле

$$V = \sqrt{(V_o^2 - L) \cdot e^{-2nx} + L}, \quad (2.6.1.1)$$

где L – параметр автомобиля, определяемый по таблице 1 приложения 1 учебного пособия [12] либо по формуле (2.6.1.2);

V_o – начальная максимальная скорость движения;

e^{-2nx} – числовое значение, определяемое по таблице 3 приложения 1 учебного пособия [12] в зависимости от автомобиля, расчетного расстояния и передачи.

$$L = \frac{1}{b} [a - G(f \mp i_1)], \quad (2.6.1.2)$$

где a и b – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу, на которой осуществляется движение, принимаемый по таблице [12];

G – вес груженого автомобиля, 1915 кг;.

Расчет производится в прямом и обратном направлении трассы и сводится в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет скоростей движения на существующей дороге

№	X, м	Переда ча	i, %	L	e^{-2nx}	Формула	Величина V_i		Прим ечан ие
							м/с	км/ч	
В прямом направлении									
1	1700	4	0,007	2162,4	0,338	$\sqrt{(40,27^2 - 2162,4) \cdot 0,388 + 2162,4}$	44,19	159	145
На всем протяжении скорость постоянна							44,19	159	145
В обратном направлении									
На всем протяжении скорость постоянна							40,27	145	145

Определяем среднетехническую скорость движения по дороге по формуле

$$V_{\text{ср.общ.}} = \frac{V_{\text{пр.ср}} + V_{\text{об.ср}}}{2}, \quad (2.6.1.3)$$

где $V_{\text{пр.ср}}, V_{\text{об.ср}}$ – соответственно среднетехнические скорости в прямом и обратном направлениях определяются по формуле (2.6.1.4 и 2.6.1.5).

$$V_{\text{пр.ср}} = \frac{\omega_{\text{пр.}}}{L}, \quad (2.6.1.4)$$

$$V_{об.ср} = \frac{\omega_{об.}}{L}, \quad (2.6.1.5)$$

где $\omega_{пр.}$ и $\omega_{об.}$ – соответственно площади скоростей в прямом и обратном направлении;

L – длина участка.

Далее определяем время одного рейса по формуле

$$t = \frac{L}{V_{ср.общ.}}, \quad (2.6.1.6)$$

где L – длина трассы, км;

$V_{ср.общ.}$ – среднетехническая скорость по дороге.

Результаты расчета приведены в графической части на листе № 2, согласно которым делаем вывод, что скорость движения на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» составляет 145 км/ч.

2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности

Для оценки условий движения используют метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, который позволяет учитывать сезонные и кратковременные изменение условий движения на дороге и на этой основе разрабатывать и выбирать мероприятия, повышающие безопасность движения для конкретного периода года с учетом местных погодно-климатических факторов.

Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающий влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей по формуле

$$K_{ав.ит.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{18}, \quad (2.6.2.1)$$

где K_1, \dots, K_{18} – частные коэффициенты, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги при той или иной величине элемента плана или профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью 7,5 м с шероховатым покрытием и укрепленными обочинами.

Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для лета, зимы и переходного периода. Расчетные значения параметров дороги в неблагоприятные периоды года, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, вычисляют путем умножения нормативных значений параметров дороги, соответствующих эталону, на поправочные

коэффициенты, учитывающие изменение параметров дороги по периодам года.

Анализ коэффициента аварийности на существующей дороге показал: коэффициент аварийности имеет максимальное значение 34,3 в переходный период года. Учитывая состояние земляного полотна и дорожной одежды до реконструкции, проезд по этому участку нельзя считать безопасным. Значения итоговых коэффициентов аварийности превышают 25, следовательно, необходимо разработать проект реконструкции данного участка трассы.

Результаты представлены на соответствующей эпюре листа №2 графической части работы.

2.6.3 Оценка по графикам коэффициентов безопасности

Наиболее безопасной для движения является трасса без резких переломов в плане и профиле, и высокой пропускной способностью. Для оценки плавности продольного профиля и обеспечения безопасности строят эпюры скоростей движения, и используя их, строят графики коэффициентов безопасности.

Коэффициентом безопасности определяют по формуле

$$K_{\text{без.}} = \frac{V_{\min}}{V_{\max \text{ в}}}, \quad (2.6.3.1)$$

где V_{\min} - минимальная скорость движения, обеспечиваемая тем или иным участком дороги;

$V_{\max \text{ в}}$ - максимально возможная скорость въезда автомобилей на этот участок.

Соотношение скоростей принимают по эпюре скоростей движения при изменении координат скоростей по длине дороги. Далее по значениям коэффициентов безопасности строят график, на котором выделяют участки по степени опасности, уделяя особое внимание участкам, где $K_{\text{без.}} < 0,8$. Эпюры скоростей представлены на листе №2 графической части.

Вывод: на всем протяжении трассы коэффициент безопасности больше 0,8, следовательно условия движения практически неопасные.

2.6.4 Оценка по пропускной способности

Пропускной способностью называется максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определенный отрезок времени при определенном режиме движения.

Различают максимальную теоретическую способность, определяемую расчетом по формулам динамической задачи теории движения транспортных

потоков для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, и практически типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги в благоприятных погодных условиях. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком.

Пропускную способность в разных дорожных условиях рассчитывают по формуле

$$P = \beta \cdot P_{max}, \quad (2.6.4.1)$$

где β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, определяется по формуле (2.6.4.2);

P_{max} – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность, что соответствует двухполосной дороге в обоих направлениях, принимаем равную 2000 авт/час.

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_{15}, \quad (2.6.4.2)$$

где $\beta_1 \dots \beta_{15}$ – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счет влияния неблагоприятных условий.

Пропускную способность с учетом фактического состава движения определяют по формуле

$$P_{\phi} = \frac{P}{n_1 \Psi_1 + n_2 \Psi_2 + \dots + n_n \Psi_n}, \quad (2.6.4.3)$$

где P – пропускная способность приведенного состава;

n_i – количество (в долях единиц) транспортных средств различных типов;

Ψ_i – величина коэффициентов приведения.

При расчете пропускной способности нужно учитывать зону влияния каждого элемента дороги, в пределах которой происходит изменение режима движения потоков автомобилей.

По полученным значениям строят график изменения пропускной способности дороги, над которым строят график изменения коэффициента загрузки Z каждого участка, определяемого по формуле

$$Z = \frac{N_{прив} \cdot 0,1}{P_{\phi}}, \quad (2.6.4.4)$$

где $N_{прив}$ – приведенная интенсивность движения, авт/час;

P_{ϕ} - пропускная способность с учетом фактического состава движения.

График пропускной способности и уровней загрузки приведены на листе №2 графической части.

2.7.3 Заключение по комплексной оценке безопасности

Оценка скорости движения произведена по методу Бельского и на всем протяжении трассы соответствует максимальной скорости расчетного автомобиля ГАЗ-24 «Волга» равной 145 км/ч.

Результаты оценки итоговых коэффициентов аварийности показали, что проезд по данному участку трассы не является безопасным и требует срочных мер по устранению данной ситуации.

Оценка плавности продольного профиля и обеспечения безопасности показали, что на всем протяжении трассы отсутствуют резкие переломы и это создает условия для безопасного проезда.

Коэффициенты безопасности и уровня загрузки не соответствует нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [4].

Проанализировав результаты оценки комплексной безопасности движения на существующей дороге, делаем вывод, что необходимо провести полную реконструкцию данного участка трассы, для устранения всех обнаруженных несоответствий и дефектов, с целью дальнейшего безопасного эксплуатации трассы.

3 Реконструкция дороги

3.1 Определение категории дороги

Категория проектируемой автомобильной дороги устанавливается согласно СП 34.13330.2012 [1]. Её назначают по расчетной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед/сут). Приведение потока транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляется с помощью специальных коэффициентов, приведенных в СП 34.13330.2012 [1] таблица 4.2 (таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Типы транспортного средства	Грузоподъемность, т	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	-	1
Мотоциклы с коляской	-	0,75
Мотоциклы и мопеды	-	0,5
Грузовые автомобили	2	1,5
	4	1,75
	6	2
	7	2,25
	8	2,5

Автопоезда	10	2,67
	14	3
	Свыше 14	3,5
	12	3,5
	20	4
	30	5
	Свыше 30	6

Расчетной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимается год завершения проекта. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий.

Определяем исходную интенсивность каждого типа автомобиля по формуле

$$N = N_{\text{исх}} \frac{P}{100}, \quad (3.1.1)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность движения;

P – количество автомобилей в процентах.

$$N_{\text{л.а.}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{л}}}{100} = 870 \cdot \frac{40}{100} = 348 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{авт.}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{л}}}{100} = 870 \cdot \frac{5}{100} = 43,5 \text{ а/сут};$$

$$N_{2-6\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{2-6\text{т}}}{100} = 870 \cdot \frac{10}{100} = 87 \text{ а/сут};$$

$$N_{6-8\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{6-8\text{т}}}{100} = 870 \cdot \frac{15}{100} = 130,5 \text{ а/сут};$$

$$N_{8-14\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{8-14\text{т}}}{100} = 870 \cdot \frac{5}{100} = 43,5 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{ап.12т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{ап.12т}}}{100} = 870 \cdot \frac{5}{100} = 43,5 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{ап.20т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{ап.20т}}}{100} = 870 \cdot \frac{5}{100} = 43,5 \text{ а/сут}.$$

Приводим исходный поток к потоку, состоящему из легковых автомобилей с помощью специальных коэффициентов приведения из таблицы 5 и вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведенных автомобилях по формуле

$$N_{\text{пр.исх}} = \sum_{i=1}^M N_i K_i, \quad (3.1.2)$$

где N_i - исходная интенсивность каждого типа автомобиля;

K_i – коэффициент приведения для каждого типа автомобиля.

$$N_{\text{пр.исх}} = 348 \cdot 1 + 43,5 \cdot 1,3 + 87 \cdot 1,4 + 130,5 \cdot 1,6 + 43,5 \cdot 1,8 + 43,5 \cdot 1,8 + 43,5 \cdot 2,2 + 43,5 \cdot 3 = 1117,95 (\text{прив. а/сут})$$

Определяем перспективную интенсивность движения по формуле

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t, \quad (3.1.3)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ - исходная интенсивность движения, измеряемая в приведенных автомобилях;

P – коэффициент ежегодного прироста;

t - срок службы автомобильной дороги (принимаем 20 лет).

$$N = 1117,95 \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right)^{20} = 5210,7 (\text{прив. а/сут});$$

$$N_{20} = 870 \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right)^{20} = 4055 \frac{\text{авт}}{\text{сут}} (\text{в транспортных единицах}).$$

Вывод: согласно таблице 1 СП 34.13330.2012 [1] полученное значение соответствует дороге III технической категории и данная автомобильная дорога не справляется с работой и нуждается в реконструкции, а именно в переводе автомобильной дороги IV категории в III категорию.

Основные элементы проектируемой дороги в плане, продольном и поперечном профилях назначаются по СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3] и заносятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1 Категория дороги	-	III
2 Расчетная интенсивность движения	прив.ед/сут.	5737,6
3 Расчетная скорость движения	км/ч	100
4 Число полос движения	шт	2
5 Ширина полосы движения	м	3
6 Ширина проезжей части	м	7
7 Ширина обочин	м	2,5

8 Ширина краевой полосы у обочины	м	0,5
9 Ширина укрепленной части обочины	м	0,5
10 Ширина земляного полотна без ограждений	м	12
11 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии)	‰	20
12 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	40
13 Наименьшие радиусы кривых в плане	м	600
14 Наибольший продольный уклон	‰	50
15 Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	50

Окончание таблицы 8

16 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	10000
17 Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках	м	5000
18 Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля	м	3000
19 Расчетные расстояния видимости в продольном профиле: для остановки для встречного автомобиля при обгоне	м	200 350 700

3.2 План трассы

При трассировании учтено условие, а именно, реконструируемая дорога по возможности должна совпадать с направлением оси существующей дороги, таким образом, чтобы минимизировать объемы работ. Тем самым обеспечивается оптимальная экономия.

Трасса автомобильной дороги проложена с учетом максимального сохранения ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, рационального использования земель и природных ресурсов, минимального отрицательного влияния на окружающую среду, минимального объема земляных работ.

Проектная ось трассы совпадает с существующей осью дороги. Так как радиусы закругления соответствуют минимально допустимым радиусам для III категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1].

Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых по длине автомобильной дороги приведена в прилагаемых документах на листе №1 графической части.

По основной дороге приняты 20 углов поворота с радиусами 300-10000 м.

Трассу пересекают ЛЭП, ЛС и кабели связи. План трассы представлен в графической части на листе №1.

3.3 Продольный профиль

Продольный профиль запроектирован по нормам СП 34.13330.2012 [1], для дорог III категории. Радиусы вертикальных выпуклых кривых – 10000 м, вогнутых кривых – 3000 м и 15000 м приняты в соответствии с СП34.13330.2012 [1].

3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек

Руководящие отметки необходимы для того, что бы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Выделяют три типа местности по увлажнению:

- 1) Сухие участки;
- 2) Сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3) Мокрые участки, с постоянным избыточным увлажнением.

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегозаносимости дороги. Условие снегозаносимости заключается в том, чтобы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины определяемой по формуле

$$h_p = h_{\text{сн.}} + \Delta h, \quad (3.3.1.1)$$

где $h_{\text{сн.}}$ - расчетная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5%;

Δh - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для III категории дороги = 0,6 метра.

$$h_p = 0,5 + 0,6 = 1,1 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению определяется по формуле

$$h_1 = h_p + i_{\text{об.}} \cdot b_2 + i_{\text{поп.}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.2)$$

где b_1 - ширина покрытия;

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{\text{об.}}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины, 40‰;

$i_{\text{поп.}}$ - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы, 20‰.

$$h_1 = 1,1 + 0,040 \cdot 2,5 + 0,020 \cdot \frac{7}{2} = 1,27 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для II типа местности по увлажнению определяют верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод по формуле

$$h_{II} = h_{1н} + h_{пв} + i_{\text{поп.}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.3)$$

где $h_{пв}$ - толщина слоя воды над поверхностью земли;

$h_{1н}$ – возвышение поверхности дорожного покрытия дорожной одежды над поверхностью земли;

b_1 ширина покрытия = 0,9м;

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины;

$i_{\text{поп.}}$ - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

Значения $h_{1н}$ принимаются в зависимости от дорожно климатической зоны и грунта рабочего слоя.

$$h_{II} = 0,9 + 0 + 0,020 \cdot \frac{7}{2} = 0,97 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для III типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожно одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток, по формуле

$$h_{III} = h_{2н} + h_{гв} + i_{\text{поп.}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.4)$$

где $h_{2н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод = 1,1м; $h_{гв}$ – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод = 0,37м.

$$h_{III} = 1,1 + 0,37 + 0,02 \cdot \frac{7,5}{2} = 1,54 \text{ м.}$$

К контрольным точкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над трубами, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, существующих дорог на пересечениях в одном уровне. Ведомость контрольных точек и представлена в таблице 9.

Руководящая отметка для труб определяется по формуле

$$H=d+\Delta+\delta+h_{\text{до}}, \quad (3.3.1.5)$$

где d – диаметр трубы;

Δ - толщина засыпки над трубой;

δ – толщина стенки трубы;

$h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

$$H = 1,5+0,5+0,12+0,52 = 2,64 \text{ м.}$$

Таблица 9 – Ведомость контрольных точек

Местоположение		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	397,21	НТ
05	80	387,33	Труба
18	50	380,53	Труба
29	30	382,78	Труба
32	40	387,37	Труба
41	00	348,21	Труба
50	00	353,29	КТ

3.3.2 Описание проектной линии

Проектная линия продольного профиля запроектирована по оси проезжей части и увязана с проектной линией смежных участков. Элементы продольного профиля приняты в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [1] из условия обеспечения расчетной скорости и безопасности движения, а также зрительного восприятия. Видимость в плане и продольном профиле обеспечена.

Подробный продольный профиль представлен в графической части на листе № 3.

3.4 Поперечные профили

При проектировании поперечных профилей выдержаны требования, предъявляемые к земляному полотну автомобильной дороги III категории. Оно должно обеспечивать безопасность движения транспортных средств, сохранять проектные очертания и требуемую прочность в течение заданного срока службы; не подвергаться образованию просадок и морозного пучения; не нарушать ландшафт местности; быть не заносимым снегом.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3].

Поперечный профиль проезжей части – двухскатный.

Типы поперечных профилей:

Тип 1 – высота насыпи до 3 м с кюветами с заложением откосов – 1:4;

Тип 1а — высота насыпи до 3 м на косогоре, кювет справа с заложением откосов — 1:4;

Тип 2 — высота насыпи от 3 до 6 м без кюветов с заложением откосов — 1:1,5;

Конструкции поперечных профилей приведена на листе № 4 графической части.

3.5 Дорожный водоотвод

Система дорожного водоотвода состоит из ряда сооружений и отдельных конструктивных мероприятий, предназначенных для предотвращения переувлажнения земляного полотна. Система служит для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну, или для преграждения доступа воды в верхнюю часть земляного полотна. Целью ее устройства является обеспечение постоянного безопасного режима влажности грунтовых оснований дорожных одежд.

Для того чтобы отвести поверхностную воду, выпадающую на дорогу и притекающую к ней, придают выпуклое очертание поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде (поперечный уклон способствует стоку воды с дороги), планируют и укрепляют обочины; для отвода воды вдоль дороги устраивают боковые водоотводные канавы, а часто используют для этого резервы у дорожных насыпей; устраивают нагорные канавы, перехватывающие воду, которая стекает по склонам местности к дороге.

Участок реконструируемой дороги запроектирован на косогорных и пологих участках местности, что требует принятия конструктивных решений по вопросам водоотвода, во избежание размывающего действия ливневых потоков на земляное полотно.

На правой половине земляного полотна кюветы запроектированы на участках: ПК0+00 – ПК1+00, ПК4+00-ПК7+00, ПК9+00 – ПК16+50, ПК20+00 – ПК22+00, ПК24+50-ПК27+58, ПК34+00-ПК36+00, ПК39+00-ПК42+00, ПК43+00-ПК46+50, ПК49+00-ПК50+00. На остальных участках кюветы либо с обеих сторон, либо отсутствуют, в зависимости от высоты насыпи.

Кюветы имеют трапецеидальное сечение с шириной по дну 0,5 м, которые позволяют разместить там снег, сбрасываемый с проезжей части в зимнее время, улучшая условия эксплуатации и видимости и позволяя применять механизированную очистку кюветов.

Продольный водоотвод обеспечивается таким продольным уклоном по дну кювета, чтобы беспрепятственно осуществлялся сток воды. Минимальный уклон дна кювета 5‰, а наибольший – 42‰. При уклоне от 10‰ до 30‰ предусмотрено укрепление кюветов засевом трав, при уклоне более 30‰ предусмотрено мощение.

Поперечный водоотвод обеспечивается нормативным поперечным уклоном проезжей части – 20‰ и обочины – 40‰, а так же искусственными сооружениями.

Гидравлический расчет проводим по справочнику инженера-дорожника [5]. Вычисляем значение расхода ливневых вод для трех труб по формуле

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot a_{\text{ч}} \cdot K_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.5.1)$$

где $a_{\text{ч}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

K_t – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

α – коэффициент потерь стока;

φ – коэффициент редукции;

F – площадь бассейна, км².

$$Q_{\text{л1}} = 16,7 \cdot 0,74 \cdot 2,08 \cdot 0,3 \cdot 0,2 \cdot 2,60 = 4,00 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$Q_{\text{л2}} = 16,7 \cdot 0,74 \cdot 2,08 \cdot 0,3 \cdot 0,2 \cdot 2,79 = 4,30 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$Q_{\text{л2}} = 16,7 \cdot 0,74 \cdot 2,08 \cdot 0,3 \cdot 0,2 \cdot 2,92 = 4,50 \text{ м}^3/\text{сек};$$

По графику определения пропускной способности типовых труб (рисунок 15.14 справочника инженера – дорожника [5]) и по гидравлическим характеристикам типовых круглых труб (таблица 15.10 справочника инженера – дорожника [5]) делаем вывод, что существующие водопропускные трубы диаметром 1,5 м справляются с существующим потоком воды, и так как находятся в хорошем состоянии - не требуют замены.

3.6 Расчет дорожной одежды

В данной работе предполагается разработка двух вариантов конструкции дорожной одежды. При расчете руководствуемся ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6].

Расчет дорожной одежды производится по четырём критериям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на растяжение при изгибе монолитных слоёв;
- на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожной одежды или грунте;
- на морозостойкость.

Исходные данные:

- 1) район проектирования – Алтайский край;
- 2) грунт земляного полотна в активной зоне – суглинок тяжелый;
- 3) местность по условиям увлажнения – 1;
- 4) III категория дороги.

Так как III категория дороги, то проектируем дорожную одежду капитального типа – 115 кН.

Приведенную интенсивность на последний год службы определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^N N_m \cdot S_{m \cdot \text{сут}}, \quad (3.6.1)$$

где $f_{\text{пол}}$ - коэффициент, учитывающий число полос (0,55 т.к. 2 полосы);

$S_{m \cdot \text{сут}}$ - суммарный коэффициент приведения;

N_m - число проездов в сутки, в обоих направлениях транспортных средств m_i марки.

Результаты расчета сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение величины приведенной интенсивности на последний год службы

Вид транспорта	%	Ni пере а/сут	Sm·сут	Nm·Sm	Np
Легковые автомобили	40	1622,01	0	0,00	0,00
Грузовые до 2т	10	263,58	0,005	0,005	0,72
от 2т до 6т	15	567,70	0,2	0,20	62,45
от 6т до 8т	5	973,21	0,7	0,70	374,69
от 8т до 14т	5	364,95	1,25	1,25	250,91
Автопоезда до 12т	5	364,95	1,5	1,50	301,09
от 12т до 20т	5	446,05	1,5	1,50	367,99
Автобусы	5	608,25	0,7	0,70	234,18

Σ1592,02

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{рдг}} \cdot k_n, \quad (3.6.2)$$

где K_c – коэффициент суммирования, определяется по формуле (3.6.3);

$T_{\text{рдг}}$ - расчетное число, расчетных дней в году соответствующих определенному состоянию деформируемой конструкции, для Омской области $T_{\text{рдг}} = 130$ дней (таблица П 6.1 ОДН [6]);

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего, ожидаемого, $k_n=1,38$.

q - ежегодный прирост (показатель изменения интенсивности движения по годам), определяется по формуле (4.4.4)

$T_{\text{сл}}$ - срок службы дорожной одежды, 20 лет;

N_p – суточная интенсивность движения автомобилей, авт./сут.

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1}, \quad (3.6.3)$$

где q – то же, что и в формуле (3.6.2).

$$K_c = \frac{1,08^{20} - 1}{1,08 - 1} = 45,76.$$

$$q = 1 + \frac{p}{100}, \quad (3.6.4)$$

где p - коэффициент ежегодного прироста, %.

$$q = 1 + \frac{8}{100} = 1,08.$$

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 1592,02 \cdot \frac{45,76}{1,08^{(20-1)}} 130 \cdot 1,38 = 2119935 \text{ шт.}$$

Конструкция дорожной одежды проходит по требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба, если выполняется условие

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}, \quad (3.6.5)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общие модули упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости, МПа, определяется по формуле (3.6.6);

$K_{\text{пр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,17$.

$$E_{\text{мин, тр}} = 98,65 \cdot [\log(\sum N_p) - c], \quad (3.6.6)$$

где N_p – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы;

c – эмпирический параметр, применяемый для расчетной нагрузки на ось, $c=3,25$.

$$98,65 \cdot [\log(2119935) - 3,25] = 273,9 \text{ МПа.}$$

$E_{\text{тр}} = 200$ МПа по ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6]. За расчетное значение принимаем $E_{\text{мин}}$, так как $E_{\text{тр}} < E_{\text{мин}}$.

При подборе слоёв конструкции дорожной одежды используем ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон [7], ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ [8] и ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ [9].

3.6.1 Расчет первого варианта дорожной одежды

3.6.1.1 Расчет дорожной одежды по упругому прогибу

Подбираем конструкцию дорожной одежды и заносим расчетные характеристики материалов в таблицу 11. Конструкция дорожной одежды приведена в графической части на листе №5. Расчет дорожной одежды по упругому прогибу приведен в таблице 12.

Таблица 11 - Характеристики материалов дорожной одежды

№	Материал слоя	h слоя, см	Расчет по допустимому упругому прогибу, E , МПа	Расчет по условию сдвигоустойчи- вости, E , МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E , МПа	R_o , МПа	α	m
1.	Асфальтобетон м/з плотный на БНД марки 60/90	5	3200	900	4500	9,80	5,2	5,5
2.	Асфальтобетон к/з плотный на БНД марки 60/90	6	2000	700	2800	9,80	5,2	5,5
3.	Щебень фракционированный 40-70 уложенный по способу заклинки	20	400	400	400	-	-	
4.	ПГС по ГОСТ 25607 – 83	25	180	180	180	-	-	-
5.	Суглинок тяжелый $W_p = 0,55 W_m$		50	50	50	-	-	-

Таблица 12 – Расчет дорожной одежды по упругому прогибу

№	Материал слоя	h , см	E_i , МПа	$\frac{h}{D}$	$\frac{E_{общ}^i}{E_i}$	$\frac{E_n}{E_i}$	$E_{общ}$, МПА
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Асфальтобетон м/з плотный на БНД	5	3200	0,2	0,1	0,13	320

	марки 60/90						
2.	Асфальтобетон к/з плотный на БНД марки 60/90	6	2000	0,15	0,1	0,13	320
3.	Щебень фракционированный 40-70 уложенный по способу заклинки	20	400	0,62	0,56	0,75	224
4.	ПГС по ГОСТ 25607 – 83	25	180	0,64	0,47	0,2	141
5.	Суглинок тяжелый $W_p = 0,55 W_m$	-	50	-	-	-	-

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего грунта пользуясь номограммой на рисунке 3.1 ОДН 218.046-01 [6] и отношениями:

$$\frac{E_n}{E_g} = \frac{E^{zp}}{E^{песок}} = \frac{50}{180} = 0,2$$

$$\frac{h_g}{D} = \frac{h}{D} = \frac{25}{39} = 0,64 ;$$

$$\text{По номограмме } \frac{E_{общ}^{песок}}{E^{песок}} = 0,47 ;$$

$$E_{общ}^{пес} = 0,47 \cdot 180 = 84,6 \text{ МПа.}$$

Далее по аналогии ведем расчет всех остальных слоев и получаем:

$$E_{общ} = 0,10 \cdot 3200 = 320 \text{ МПа}$$

Проверяем выполняется ли условие прочности по упругому прогибу по формуле

$$\frac{E_{общ}}{E_{тр}} \geq K_{пр}, \quad (3.6.1.1.1)$$

$$\frac{E_{общ}}{E_{тр}} = \frac{320}{273,9} = 1,17 \geq 1,17 - \text{условие выполняется.}$$

Вывод: данная конструкция удовлетворяет условию прочности по допустимому упругому прогибу.

3.6.1.2 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

В течение заданного срока службы напряжения, возникающие при прогибе под действием повторных нагрузок, не должны образовывать трещины от усталостного разрушения. Для этого необходимо выполнения условия

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{np}^{mp}}, \quad (3.6.1.2.1)$$

где K_{np}^{mp} - требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 3.1 ОДН 218.046-01[6]);

R_N - прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

σ_r - наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели - часть конструкции, расположенная ниже асфальтобетонных слоев.

$$\frac{E_n}{E_6} = \frac{E_{общ}^{нзс}}{E_{щеб}} = \frac{180}{400} = 0,45;$$

$$\frac{h_6}{D} = \frac{h_{щеб}}{D} = \frac{20}{39} = 0,51;$$

$$\frac{E_{общ}}{E_6} = \frac{E_{общ}^{щеб}}{E_{щеб}} = 0,56;$$

$$E_n = 0,56 \cdot 400 = 224 \text{ МПа.}$$

К верхнему слою относят все асфальтобетонные слои.

Модуль упругости верхнего слоя устанавливаем по формуле

$$E_{cp} = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{\sum h_i}; \quad (3.6.1.2.2)$$

$$E_6 = \frac{4500 \cdot 5}{5} = 4500 \text{ МПа.}$$

Модули упругости асфальтобетонных слоев назначаем по таблице П.3.1.ОДН 18.046-01[6] .

Находим растягивающее напряжение в асфальтобетоне:

$$\frac{h_{\varepsilon}}{D} = \frac{5}{39} = 0,20;$$

$$\frac{E_{\varepsilon}}{E_{\mu}} = \frac{4500}{225} = 20.$$

По номограмме на рисунке 3.4 ОДН 218046-01[6] определяем растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки в верхнем слое: $\bar{\sigma}_r = 2,70$ МПа.

Расчетное растягивающее напряжение вычисляем по формуле

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot k_{\sigma}, \quad (3.6.1.2.3)$$

где $\bar{\sigma}_r$ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, МПа;

p – расчетное давление колеса, $p = 0,6$;

k_{σ} – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля, $k_{\sigma} = 0,85$.

$$\bar{\sigma}_r = 2,70 \cdot 0,56 \cdot 0,45 = 1,38 \text{ МПа.}$$

Вычисляем предельное растягивающее напряжение для асфальтобетонного слоя по формуле

$$R_N = R_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - v_R \cdot t), \quad (3.6.1.2.4)$$

где R_o – предельное сопротивление при изгибе расчетной низкой весенней температуре при однократном наложении нагрузки, $R_o = 9,8$;

K_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности, вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, определяется по формуле (3.6.1.2.5);

K_2 – коэффициент снижения прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов, $K_2 = 0,9$ (таблица 3.6 ОДН 218.046-01[6]);

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение при изгибе, $v_R = 0,10$ (таблица П.4.1 ОДН 218.046-01 [6]);

t – коэффициент нормируемого отклонения R_o , при $K_{\mu} = 0,95$ $t = 1,71$ (таблица П.4.2 ОДН 218.046-01 [6]).

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (3.6.1.2.5)$$

где α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности, $\alpha = 5,9$ (таблица П.3.1 ОДН 218.046-01 [6]);

m – показатель степени, зависящей от свойств рассчитываемого материала монолитного покрытия, $m = 4,3$;

ΣN_p – расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы покрытия, $\Sigma N_p = 2119935$ шт.

$$k_1 = \frac{5,2}{\sqrt[5,5]{211935}} = 0,37;$$

$$R_N = 9,8 \cdot 0,37 \cdot 0,9(1 - 0,1 \cdot 1,71) = 2,71 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие (3.6.1.2.1)

$$1,38 < \frac{2,71}{1,0} = 2,71 \text{ — условие выполняется.}$$

Вывод: данная конструкция проходит на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

3.6.1.3 Расчет на активное сопротивление сдвигу в грунте земляного полотна

Данный расчет производят для того, что бы в грунте земляного полотна за срок служб не накапливались недопустимые изменения. Этого не произойдет, если выполнено условие

$$T \leq \frac{T_{np}}{K_{np}^{mp}}, \quad (3.6.1.3.1)$$

где K_{np}^{mp} – требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности, таблица 3.1 ОДН 218.046-01 [6], $K_{np}^{mp} = 1,0$;

T – расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

T_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

Необходимо определить среднее значение модуля упругости по формуле (3.6.1.2.2)

$$E_{\text{с}} = \frac{900 \cdot 5 + 400 \cdot 20 + 180 \cdot 25}{65} = 447,7 \text{ МПа.}$$

Далее определяем активное предельное напряжение сдвига в грунте по формуле

$$T_{np} = C_N k_{\partial} + 0,1 \gamma_{cp} z_{on} \operatorname{tg} \varphi_{cm}, \quad (3.6.1.3.2)$$

где C_N - сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), МПа, принимаемое с учетом повторности нагрузки (П. 2, таблица П.2.6 ОДН218.046-01 [6]);

k_{∂} - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания, $k_{\partial} = 1$;

z_{on} - глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигуустойчивость, от верха конструкции, см;

γ_{cp} - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³;

φ_{cm} - расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

$$T_{np} = 0,014 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 64 \operatorname{tg} 36^{\circ} = 0,023$$

Для определения $\bar{\tau}_n$ предварительно назначенную дорожную конструкцию приводим к двухслойной расчетной модели.

Нижнему слою модели присваивают следующие характеристики: $E_{\text{общ}}^{\text{супесь}} = 60 \text{ МПа}$ (п. 3.32 ОДН 218.046-01[6]); $\varphi = 36^{\circ}$ и $c = 0,014 \text{ МПа}$ (П.2.4 ОДН 218.046-01[6]).

С помощью номограммы (рисунок 3.2 ОДН 218.046-01[6]) находим удельное активное напряжение сдвига при $\varphi = 36^{\circ}$ и по отношениям

$$\frac{E_{\text{с}}}{E_n} = \frac{447,7}{60} = 7,46$$

$$\frac{h_{\text{с}}}{D} = \frac{65}{39} = 1,66$$

$$\bar{\tau}_n = 0,021 \text{ МПа.}$$

Расчетное активное напряжение сдвига определяется по формуле

$$T = \bar{\tau}_n \cdot p, \quad (3.6.1.3.3)$$

где $\bar{\tau}_n$ - активное напряжение сдвига от единичной нагрузки;
 p – расчетная нагрузка, $p = 0,6$.

$$T = 0,021 \cdot 0,6 = 0,013 \text{ МПа}$$

Далее проверяем условие по формуле (3.6.1.3.1)

$$\frac{0,023}{1,0} = 0,023 \geq 0,013 - \text{условие выполняется.}$$

3.6.1.4 Расчет на активное сопротивление сдвигу в несвязном слое конструкции дорожной одежды

Данный расчет производят для того, что бы в несвязном слое конструкции дорожной одежды за срок служб не накапливались недопустимые изменения. Этого не произойдет, если выполнено условие (3.6.1.3.1)

Необходимо определить среднее значение модуля упругости по формуле (3.6.1.2.2)

$$E_{\epsilon} = \frac{900 \cdot 5 + 400 \cdot 20}{32} = 600 \text{ МПа.}$$

Далее определяем активное предельное напряжение сдвига в грунте по формуле (3.6.1.3.2)

$$T_{np} = 0,003 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 32 \text{tg } 29^{\circ} = 0,0065$$

Для определения $\bar{\tau}_n$ предварительно назначенную дорожную конструкцию приводим к двухслойной расчетной модели.

Нижнему слою модели присваивают следующие характеристики: $E_{общ}^{нс} = 300 \text{ МПа}$; $\varphi = 29^{\circ}$ и $c = 0,003 \text{ МПа}$ (П.2.4 ОДН 218.046-01[6]).

С помощью номограммы (рисунок 3.2 ОДН 218.046-01[6]) находим удельное активное напряжение сдвига по отношениям

$$\frac{E_{\epsilon}}{E_n} = \frac{600}{300} = 2$$

$$\frac{h_{\epsilon}}{D} = \frac{32}{39} = 0,82$$

$$\bar{\tau}_h = 0,01 \text{ МПа.}$$

Расчетное активное напряжение сдвига определяется по формуле (3.6.1.3.3)

$$T = 0,01 \cdot 0,6 = 0,006 \text{ МПа}$$

Далее проверяем условие по формуле (3.6.1.3.1)

$$\frac{0,0065}{1,0} = 0,0065 \geq 0,006 - \text{условие выполняется.}$$

3.6.1.5 Расчет на морозоустойчивость

Определяем степень пучинистости грунта земляного полотна по таблице 4.2. ОДН 218.046-01[6]. Грунт супесь легкая, что соответствует III группе по пучинистости.

Расчет на морозоустойчивость выполняется при условии

$$L_{пуч} \leq L_{доп}, \quad (3.6.5.1.1)$$

где $L_{пуч}$ - расчетное пучение грунта земляного полотна, см;

$L_{доп}$ - допустимое для данной конструкции пучение грунта земляного полотна, определяется по табл. 4.3 ОДН [6], т.к. тип дорожной одежды капитальный, то принимаем $L_{доп}=4$ см. В соответствии с примечанием под таблицей для капитального типа $L_{доп}=4 \cdot 1,2=4,8$ см.

Далее определяем глубину промерзания дорожной одежды по формуле

$$z_{np} = z_{np(ср)} \cdot 1,38, \quad (3.6.1.5.2)$$

где $z_{np(ср)}$ - средняя глубина промерзания для района проектирования, $z_{np(ср)}=1,8$ м.

$$z_{np} = 1,8 \cdot 1,38 = 2,48 \text{ м} \approx 2,5 \text{ м.}$$

Для глубины промерзания 2,5 м значение морозного пучения для осредненных условий:

$$L_{пуч. ср} = 7,21 \text{ см.}$$

Далее необходимо определить величину пучения для данной конструкции по формуле

$$l_{пуч} = l_{пуч(ср)} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{гр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл}, \quad (3.6.1.5.3)$$

где $l_{пуч(ср)}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях;

$K_{УГВ}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод; при отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод следует принимать для супеси легкой $K_{УГВ} = 0,43$ (рисунок 4.1 ОДН 218.046-01 [6]);

$K_{пл}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя, $K_{пл} = 1,0$ (таблица 4.4 ОДН 218.046-01 [6]);

$K_{зр}$ - коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки, $K_{зр} = 1,1$ (рисунок 4.5 ОДН 218.046-01 [6]);

$K_{нагр}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащих слоев конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания, $K_{нагр} = 0,8$ (рисунок 4.2 ОДН 218.046-01 [6]);

$K_{вл}$ – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта, $K_{вл} = 1,0$ (рисунок 4.6 ОДН 218.046-01 [6]).

$$L_{пуч} = 7,21 \cdot 0,43 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 2,73 \text{ см.}$$

Проверяем условие (3.6.1.5.1)

$$2,73 < 4,8 - \text{условия выполняются.}$$

Вывод: морозозащитный слой не требуется.

Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды приведена в приложении А.

3.6.2 Расчет второго варианта дорожной одежды

3.6.2.1 Расчет дорожной одежды по упругому прогибу

Подбираем конструкцию дорожной одежды и заносим расчетные характеристики материалов в таблицу 13. Конструкция дорожной одежды приведена в графической части на листе №4. Расчет дорожной одежды по упругому прогибу приведен в таблице 14.

Таблица 13 - Характеристики материалов дорожной одежды

№	Материал слоя	h слоя, см	Расчет по допустимому упругому прогибу, E, МПа	Расчет по условию сдвигоустой чивости, E, МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E, МПа	R _o , МПа	α	m
1	Асфальтобетон плотный мелкозернистый на БНД марки 60/90	5	3200	1200	4500	9,80	5,2	5,5

2	Асфальтобетон пористый крупнозернистый на БНД марки 60/90	8	2000	840	2800	8,0	5,9	4,3
3	Черный щебень, уложенный по способу пропитки	8	400	400	400	-	-	-
4	Щебень фракционированный 40-70 уложенный по способу заклинки	15	400	400	400	-	-	-

Окончание таблицы 13

5	Песок крупный	28	300	300	300	-	-	-
6	Супесь легкая крупная $W_p = 0,55 W_m$		60	60	60	-	-	-

Таблица 14 – Расчет дорожной одежды по упругому прогибу

№	Материал слоя	h , см	E_i , МПа	$\frac{h}{D}$	$\frac{E_{общ}^i}{E_i}$	$\frac{E_n}{E_i}$	$E_{общ}$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Асфальтобетон плотный на БНД марки 60/90	5	3200	0,13	0,103	0,63	330
2	Асфальтобетон пористый крупнозернистый на БНД марки 60/90	8	2000	0,21	0,138	0,20	276
3	Черный щебень, уложенный по способу пропитки	8	400	0,21	0,507	1,00	203
4	Щебень фракционированный 40-70 уложенный по способу заклинки	15	400	0,38	0,45	0,75	180
5	Песок крупный	28	300	0,72	0,43	0,20	129
6	Супесь легкая крупная $W_p = 0,55 W_m$	-	60	-	-	-	-

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего грунта пользуясь номограммой на рисунке 3.1 ОДН 218.046-01 [6] и отношениями:

$$\frac{E_n}{E_6} = \frac{E^{cp}}{E^{песок}} = \frac{60}{300} = 0,2$$

$$\frac{h_8}{D} = \frac{h^{песок}}{D} = \frac{28}{39} = 0,72 ;$$

По номограмме $\frac{E_{общ}^{песок}}{E^{песок}} = 0,43 ;$

$$E_{общ}^{нес} = 0,43 \cdot 300 = 129 \text{ МПа.}$$

Далее по аналогии ведем расчет всех остальных слоев и получаем:

$$E_{общ} = 0,103 \cdot 3200 = 330 \text{ МПа}$$

Проверяем выполняется ли условие прочности по упругому прогибу по формуле (3.6.1.1.1)

$$\frac{E_{общ}}{E_{ТР}} = \frac{330}{273,9} = 1,20 \geq 1,17 - \text{условие выполняется.}$$

Вывод: данная конструкция удовлетворяет условию прочности по допустимому упругому прогибу.

3.6.2.2 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

В течение заданного срока службы напряжения, возникающие при прогибе под действием повторных нагрузок, не должны образовывать трещины от усталостного разрушения. Для этого необходимо выполнения условия (4.5.8).

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели - часть конструкции, расположенная ниже асфальтобетонных слоев.

$$\frac{E_n}{E_с} = \frac{E_{общ}^{несок}}{E_{щеб}} = \frac{400}{400} = 1,0;$$

$$\frac{h_с}{D} = \frac{h_{щеб}}{D} = \frac{15}{39} = 0,62;$$

$$\frac{E_{общ}}{E_с} = \frac{E_{общ}^{щеб}}{E_{щеб}} = 0,507;$$

$$E_n = 0,507 \cdot 400 = 203 \text{ МПа.}$$

К верхнему слою относят все асфальтобетонные слои. Модуль упругости верхнего слоя устанавливаем по формуле (3.6.1.2.2)

$$E_{\epsilon} = \frac{4500 \cdot 5 + 2000 \cdot 8}{13} = 2961,5 \text{ МПа.}$$

Модули упругости асфальтобетонных слоев назначаем по табл. П.3.1.ОДН 18.046-01[6] .

Находим растягивающее напряжение в асфальтобетоне:

$$\frac{h_{\epsilon}}{D} = \frac{13}{39} = 0,33;$$

$$\frac{E_{\epsilon}}{E_n} = \frac{2961,5}{203} = 14,58$$

По номограмме на рисунке 3.4 ОДН 218046-01[6] определяем растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки в верхнем слое: $\bar{\sigma}_r = 2,22 \text{ МПа.}$

Расчетное растягивающее напряжение вычисляем по формуле (3.6.1.2.3)

$$\bar{\sigma}_r = 2,22 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,13 \text{ МПа.}$$

Вычисляем предельное растягивающее напряжение для асфальтобетонного слоя по формуле (3.6.1.2.4)

$$k_1 = \frac{5,9}{\sqrt[4,3]{211935}} = 0,199;$$

$$R_N = 8,0 \cdot 0,199 \cdot 0,9(1 - 0,1 \cdot 1,71) = 1,19 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие (3.6.1.2.1)

$$1,133 < \frac{1,19}{1,0} = 1,19 - \text{условие выполняется.}$$

Вывод: данная конструкция проходит на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

3.6.2.3 Расчет на активное сопротивление сдвигу в грунте земляного полотна

Данный расчет производят для того, что бы в грунте земляного полотна за срок служб не накапливались недопустимые изменения. Этого не произойдет, если выполнено условие (3.6.1.3.1)

Необходимо определить среднее значение модуля упругости по формуле (3.6.1.2.2)

$$E_{\epsilon} = \frac{1200 \cdot 5 + 840 \cdot 8 + 400 \cdot 8 + 400 \cdot 15 + 300 \cdot 28}{64} = 473,75 \text{ МПа.}$$

Далее определяем активное предельное напряжение сдвига в грунте по формуле (3.6.1.3.2)

$$T_{np} = 0,005 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 65 \operatorname{tg} 36^{\circ} = 0,014$$

Для определения $\bar{\tau}_n$ предварительно назначенную дорожную конструкцию приводим к двухслойной расчетной модели.

Нижнему слою модели присваивают следующие характеристики: $E_{\text{общ}}^{\text{супесь}} = 60 \text{ МПа}$ (п. 3.32 ОДН 218.046-01[6]); $\varphi = 36^{\circ}$ и $c = 0,005 \text{ МПа}$ (П.2.4 ОДН 218.046-01[6]).

С помощью номограммы (рисунок 3.2 ОДН 218.046-01[6]) находим удельное активное напряжение сдвига при $\varphi = 36^{\circ}$ и по отношениям

$$\frac{E_{\epsilon}}{E_n} = \frac{473,75}{60} = 7,89$$

$$\frac{h_{\epsilon}}{D} = \frac{64}{39} = 1,64$$

$$\bar{\tau}_n = 0,021 \text{ МПа.}$$

Расчетное активное напряжение сдвига определяется по формуле (3.6.1.3.3)

$$T = 0,021 \cdot 0,6 = 0,013 \text{ МПа}$$

Далее проверяем условие по формуле (3.6.1.3.1)

$$\frac{0,014}{1,0} = 0,014 \geq 0,0138 - \text{условие выполняется.}$$

3.6.2.4 Расчет на активное сопротивление сдвину в несвязном слое конструкции дорожной одежды

Данный расчет производят для того, что бы в несвязном слое конструкции дорожной одежды за срок службы не накапливались недопустимые изменения. Этого не произойдет, если выполнено условие (3.6.1.3.1).

Необходимо определить среднее значение модуля упругости по формуле (3.6.1.2.2)

$$E_{\epsilon} = \frac{1200 \cdot 5 + 840 \cdot 8 + 400 \cdot 8 + 400 \cdot 15}{36} = 608,88 \text{ МПа.}$$

Далее определяем активное предельное напряжение сдвига в грунте по формуле (2.6.1.3.2)

$$T_{np} = 0,003 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 36 \cdot \operatorname{tg} 29^{\circ} = 0,0069$$

Для определения $\bar{\tau}_n$ предварительно назначенную дорожную конструкцию приводим к двухслойной расчетной модели.

Нижнему слою модели присваивают следующие характеристики: $E_{\text{обш}}^{\text{песок}} = 300 \text{ МПа}$, $\varphi = 29^{\circ}$ и $c = 0,003 \text{ МПа}$ (П.2.4 ОДН 218.046-01[6]).

С помощью номограммы (рисунок 3.2 ОДН 218.046-01[6]) находим удельное активное напряжение сдвига по отношениям

$$\frac{E_{\epsilon}}{E_n} = \frac{608,88}{300} = 2,03$$

$$\frac{h_{\epsilon}}{D} = \frac{36}{39} = 0,9$$

$$\bar{\tau}_n = 0,001 \text{ МПа.}$$

Расчетное активное напряжение сдвига определяется по формуле (3.6.1.3.3)

$$T = 0,001 \cdot 0,6 = 0,006 \text{ МПа}$$

Далее проверяем условие по формуле (3.6.1.3.1)

$$\frac{0,0069}{1,0} = 0,0069 \geq 0,0068 - \text{условие выполняется.}$$

3.6.2.5 Расчет на морозоустойчивость

Определяем степень пучинистости грунта земляного полотна по таблице 4.2. ОДН 218.046-01[6]. Грунт супесь легкая, что соответствует III группе по пучинистости.

Расчет на морозоустойчивость выполняется при условии (3.6.1.5.1).

Средняя глубина промерзания для района проектирования $z_{np(cp)}=1,8$ м.
 Далее определяем глубину промерзания дорожной одежды по формуле (3.6.1.5.2)

$$z_{np}=1,8 \cdot 1,38 = 2,48 \text{ м} \approx 2,5 \text{ м}.$$

Для глубины промерзания 2,5 м значение морозного пучения для осредненных условий:

$$L_{\text{пуч. ср}} = 7,21 \text{ см}.$$

Далее необходимо определить величину пучения для данной конструкции по формуле (3.6.1.5.3)

$$L_{\text{пуч}} = 7,21 \cdot 0,43 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 2,73 \text{ см}.$$

Проверяем условие (3.6.1.5.1)

$$2,73 < 4,8 - \text{условия выполняются}.$$

Вывод: морозозащитный слой не требуется.

Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды представлена в приложении Б.

Сравнив капитальные стоимости двух вариантов дорожной одежды, делаем вывод, что экономичнее будет применение конструкции дорожной одежды первого варианта.

3.7 Искусственные сооружения

Существующие трубы располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах. Они пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 2% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Следовательно после изменений проведенных в продольном и поперечном профилях необходимо произвести удлинение водопропускных труб. Ведомость искусственных сооружений представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	05+80	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,95
2	18+50	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	76	19,76
3	29+30	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,15
4	32+40	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,95

5	41+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,15
---	-------	-----	-----------------------------	----	-------

Трубу на ПК 05+80 необходимо удлинить на 1 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 18+50 необходимо удлинить на 1 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 29+30 необходимо удлинить на 1 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 32+40 необходимо удлинить на 1 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 41+00 необходимо удлинить на 1 звено с каждой стороны.

3.8 Комплексная оценка безопасности движения на дороге после реконструкции

Комплексная оценка безопасности движения производится аналогично описанию в главе 2 пункт 2.6.

После проведения реконструкции автомобильной дороги результаты комплексной оценки составили:

1. Скорость движения на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях составляет автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» 145 км/ч;

2. Коэффициент безопасности движения на все участке равен 1,0;

3. Уровень загрузки на ПК0+00 – ПК6+00 составляет 0,307. На ПК6+00 – ПК14+50, ПК20+00 – ПК44+00 составляет 0,301. На ПК14+00 – ПК20+00, ПК48+70 – ПК50+00 составляет 0,290. На ПК32+50 – ПК33+50, ПК35+50 – ПК36+50, ПК46+70 – ПК47+70 составляет 0,290. На ПК44+00 – ПК48+00 составляет 0,295.

4. Пропускная способность на ПК0+00–ПК6+00 составляет 1040. На ПК6+00 – ПК14+50, ПК20+00 – ПК44+00 составляет 1060. На ПК14+00 – ПК20+00, ПК48+70 – ПК50+00 составляет 1100. На ПК32+50 – ПК33+50, ПК35+50 – ПК36+50, ПК46+70 – ПК47+70 составляет 1100. На ПК44+00 – ПК48+00 составляет 1080.

5. Коэффициент аварийности на ПК00+00 – ПК37+00, ПК43+00 – ПК50+00 составляет летом – 1,24, в переходный период – 2,86, зимой – 1,96. На ПК37+00 – ПК43+00 составляет летом – 1,86, в переходный период – 4,29, зимой – 2,94.

Вывод: результаты комплексной оценки безопасности движения на участке трассы после реконструкции находятся в пределах нормативных значений, следовательно дорога обеспечивает безопасное движение.

Результаты оценки приведены в графической части на листе № 2.

3.9 Подсчет объема земельных работ

При проектировании автомобильных дорог определяют объемы насыпей и выемок, резервов и кавальеров, кюветов, котлованов и других земляных работ. Объемы земляных работ необходимо знать для сравнения вариантов

дорог, для проектирования продольного профиля, составления проекта организации работ.

При определении объема земляных работ используют формулу Винклера. По этой формуле объем призматоида определяют через среднеарифметическое площадей сечений в начале и в конце участка по формуле

$$V = \left(\frac{F_i + F_{i-1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i-1})^2}{16} \right) \cdot L_i, \quad (3.9.1)$$

где F_{i-1} , F_i , F_{cp} – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка;

L_i – расстояние между сечениями земляного полотна i и $i-1$;

h_i , h_{i-1} – рабочие отметки в i и $i-1$ сечениях, соответственно;

m_i – заложение откоса.

При подсчете объемов земляных работ учитываются следующие поправки:

- 1) Поправка на косогорность, при поперечном уклоне более 100%;
- 2) Поправка на разность рабочих отметок;
- 3) Поправка на устройство дорожной одежды;
- 4) Поправка на разность ширины земляного полотна;
- 5) Поправка на снятие растительного слоя грунта;
- 6) Поправка на искусственное уплотнение грунта в насыпях.

Таким образом, объемы земляных работ составили:

- тело насыпи 75346 м³;
- кюветы насыпи 2381 м³;

Объемы земляных работ подсчитываются с помощью ЭВМ. Расчет представлен в приложении В. График распределения земляных масс приведен в графической части на листе № 5.

3.10 Полоса отвода автомобильной дороги

Полоса отвода автомобильной дороги – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Положение границ полосы отвода автомобильной дороги в нормах отвода установлено в зависимости от:

- Категории автомобильной дороги;
- Количества полос движения;
- Высоты насыпей или глубины выемок;

- Наличия боковых резервов;
- Крутизны откосов земляного полотна;
- Требований обеспечения безопасности движения и боковой видимости.

Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог в пределах полосы отвода, принимаем не менее 3 м с каждой стороны дороги.

В соответствии с постановлением правительства от 2.09.2009 №717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса» [10], определяем ширину полосы отвода для каждого участка автомобильной дороги. Постоянный отвод земель назначаем с учетом видимости.

Полоса отвода приведена в графической части на листе № 5.

4 Обустройство дороги

Обстановка дороги включает в себя работы по установке сигнальных железобетонных столбиков, металлического барьерного ограждения, дорожных знаков и нанесение разметки. Все работы выполняются специализированными подразделениями.

Километровые знаки ставятся с одной стороны трассы, через каждый километр существующего километража. Сигнальные столбики расставляют с обеих сторон трассы через каждые 50 м. Барьерные ограждения устанавливают в тех местах, где высота насыпи составляет более 3 м и на трубах.

Дорожные сигнальные столбики по техническим параметрам и способам размещения на автомобильных дорогах должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения [11] и ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Конструкция дорожных ограждений должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения [13]. Установка ограждений на автомобильных дорогах должна быть выполнена по ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Разметку наносят с помощью маркировочной машины по оси проезжей части, для разделения полос движения, и по кромке проезжей части, для обозначения укрепительной полосы. По техническим параметрам дорожная разметка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51256-2011 Технические средства организации дорожного движения, разметка дорожная [14]. Нанесение дорожной разметки на покрытие и элементы дорожных сооружений осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и

направляющих устройств [12].

Ведомость дорожных знаков и разметки приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Ведомость дорожных знаков и разметки

Привязка	Номер и название
Дорожные знаки	
ПК45+60; ПК45+86	2.1 – «Главная дорога»
ПК45+57; ПК45+86	2.4 – «Уступите дорогу»
ПК 0+00; ПК10+00; ПК20+00; ПК30+00; ПК40+00; ПК50+00	6.3 – «Километровый знак»
Дорожная разметка	
	1.4 – остановка запрещена
ПК0+00 - ПК44+76; ПК46+46 - ПК50+00	1.5 – разделение транспортных потоков
ПК44+76 - ПК45+26; ПК45+96 - ПК46+46	1.6 – переход в сплошную линию
ПК45+25 – ПК45+96	1.1 – сплошная линия

5 Проектирование серпантины

При проектировании автомобильных дорог в горной местности с целью смягчения больших продольных уклонов на затяжных участках крутых склонов в некоторых случаях приходится развивать трассу, представляя ее зигзагообразной линией с острыми внутренними углами поворотов. Вписывание кривых внутрь образовавшихся острых углов не дает желаемого результата, поскольку при этом не обеспечивается должное развитие трассы, в связи с тем, что длины кривых оказываются несоизмеримо меньшими суммы тангенсов. В таких случаях предусматривают сложные закругления с внешней стороны ума, называемые серпантинами.

Серпантиной называют дорожную петлю, описанную с внешней стороны угла разворота трассы α . Серпантина представляется основной кривой K , двумя вспомогательными (как правило обратных) кривыми K_0 и вставками между основной кривой и вспомогательными m , необходимыми для размещения переходных кривых (если таковые нужны), отгоном - виражей и уширений проезжей части. Уширение проезжей части на серпантинах делают за счет внешней обочины только на 0,5 м, а остальную часть уширения за счет внутренней обочины и дополнительного уширения земляного полотна.

При развитии трассы зигзагами по склону часто приходится назначать углы поворотов, при которых обычная разбивка кривых внутри угла невозможна, так как в связи с большой разницей в длинах кривой и тангенсов участок кривой имел бы большой продольный уклон, для смягчения которого потребовались бы очень большие земляные работы. Закругление поэтому располагают с внешней стороны угла поворота.

Серпантины характеризуются применением кривых минимальных радиусов, большими углами поворота трассы и сильным ее удлинением, что

предопределяет снижение скоростей, безопасности движения и перепробеги автомобилей. Поэтому, как правило, является более предпочтительным вариант трассы, имеющий возможно меньшее число серпантин. Их разрешается устраивать на дорогах II—V категорий.

Между основной кривой и вспомогательными кривыми укладывают переходные кривые. Вспомогательные кривые серпантины могут состоять из круговых или клотоидных кривых, выпуклости которых могут быть направлены как в одну, так и в разные стороны. Серпантины могут иметь симметричное и несимметричное размещение своих ветвей. У несимметричных серпантин основная кривая может состоять из одной или нескольких круговых кривых различного радиуса (в виде коробовой кривой) или образовываться двумя клотоидами разных параметров. Несимметричные кривые могут иметь вынесенный и смещенный центр основной кривой.

Укладка серпантин на топографических планах и картах ведется специальными шаблонами или лекалами кривых. Размещение серпантины обычно начинается с укладки на наиболее пологом участке склона местности основной кривой с последующим подбором к ней вспомогательных кривых. При укладке серпантин рассчитывают ширину шейки серпантины.

К устройству серпантин приходится прибегать при трассировании на крутых склонах, обычно, в более или менее стесненных условиях; при этом положение серпантины будет наиболее выгодно, а количество земляных работ наименьшее при наибольшем приближении дополнительных кривых к основной, т. е. при минимальной длине прямой вставки m между ними.

5.2 Расчет элементов серпантины

Расчет элементов серпантины заключается в установлении величины отдельных ее элементов и в проверке возможности размещения на местности земляного полотна с канавами и откосами. Схема разбивки серпантины приведена на рисунке 5.1.

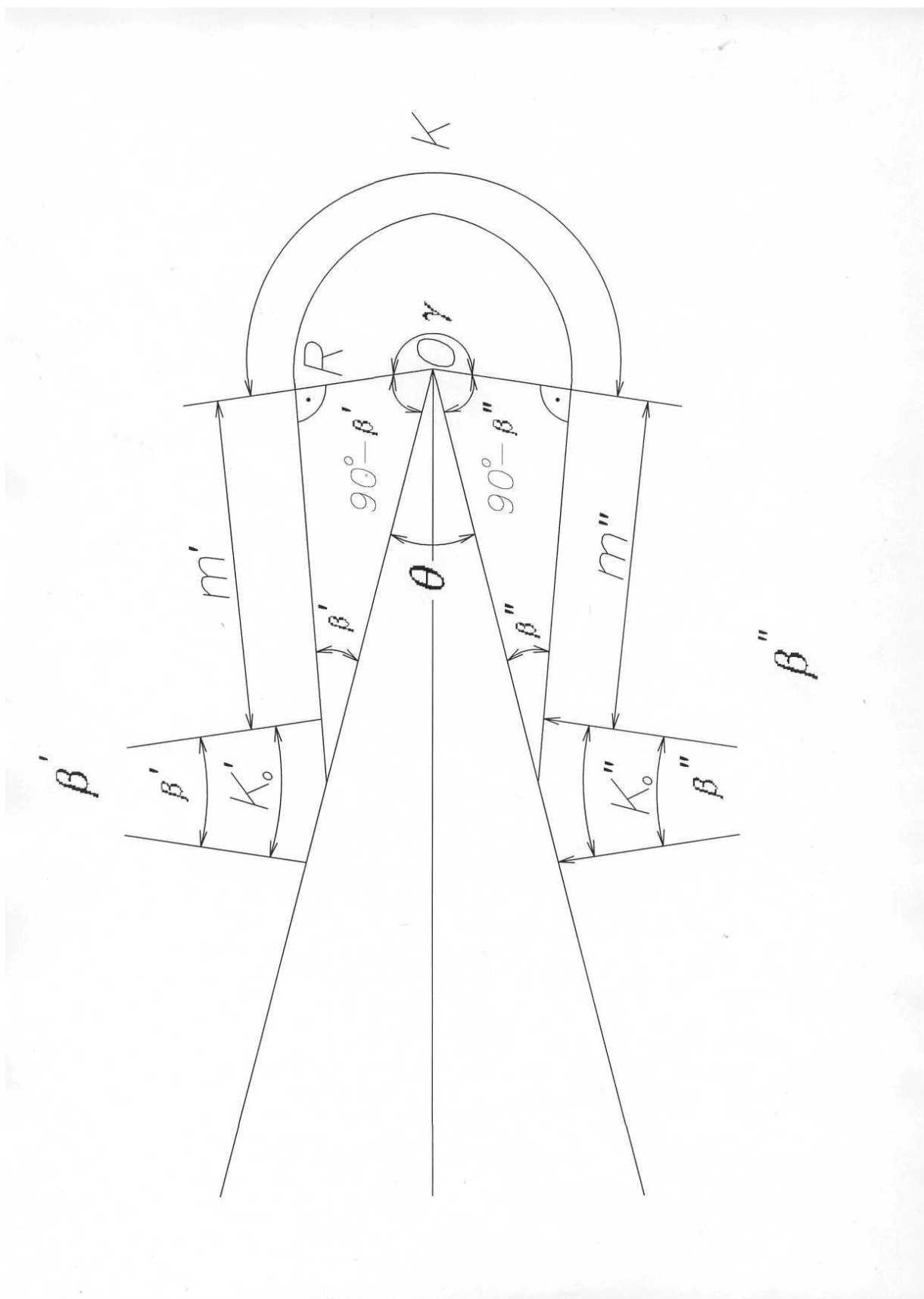


Рисунок 5.1 – Схема разбивки серпантины.

При расчетах элементов серпантин задаемся:

- радиусом основной кривой R ;
- радиусами вспомогательных кривых r ;
- длиной вставки m', m'' .

И в результате находим углы вспомогательных кривых β , тангенс вспомогательной кривой T и полную длину серпантин S .

Углы вспомогательных кривых определяются по формуле 5.1:

$$\beta = \arctg \frac{R}{T + m} \quad (5.1)$$

Длина тангенса обратной кривой связана с величиной угла поворота обратной кривой по формуле 5.2:

$$T = r \cdot tq \frac{\beta}{2} \quad (5.2)$$

Расстояние от вершины угла обратной кривой до начала основной кривой серпантин $AE = T + m$.

Из треугольника AOE определяем

$$tq\beta = \frac{R}{T + m} = \frac{R}{r \cdot tq \frac{\beta}{2} + m}, \quad (5.3)$$

где R — радиус основной кривой серпантин, m .

Заменяя в предыдущей формуле $\tg\beta$ через $\tg \frac{\beta}{2}$ и решая получающееся квадратное уравнение, находим:

$$tq \frac{\beta}{2} = \frac{-m + \sqrt{m^2 - R(2r + R)}}{2r + R} \quad (5.4)$$

что позволяет определить угол β .

Расстояние от вершины угла обратной кривой до вершины угла серпантин определяют из выражения

$$AO = OB = \frac{T - m}{\cos \beta} = \frac{R}{\sin \beta} \quad (5.5)$$

Центральный угол γ , соответствующий основной кривой серпантин, равен:

$$\gamma = 360^\circ - 2(90^\circ - \beta) - \alpha = 180^\circ + 2\beta - \alpha \quad (5.6)$$

а длина основной кривой серпантин:

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \gamma}{180^\circ} \quad (5.7)$$

Тогда полная длина серпантины

$$S = 2(K_0 + m) \pm K \quad (5.8)$$

где K_0 — длина обратной кривой, м.

Имея эти данные, можно на плане в горизонталях или на местности разбить симметричную серпантину.

Если по условиям местности обратные кривые для лучшего согласования с рельефом местности целесообразно описать разными радиусами, для каждой обратной кривой ведут самостоятельный расчет.

Рассмотренные серпантины, в которых обратные кривые расположены выпуклостью в разные стороны, называются серпантинами первого рода. В серпантинах второго рода обратные кривые обращены выпуклостью в одну сторону.

Поэтому необходимо его выбрать так, чтобы устойчивость полотна и условия движения были наилучшим образом обеспечены при наименьшем объеме строительных работ. Для устройства серпантин выбирают пологие участки устойчивых склонов, стремясь обеспечить разбивку основной кривой серпантины, возможно большим радиусом. На участке серпантины нужно снять план в горизонталях, чтобы камеральным путем найти наиболее целесообразное положение серпантины, смещая ее в соответствии с особенностями рельефа. Выгодное расположение и форму серпантины устанавливают путем сравнения вариантов.

Для расчета элементов серпантин имеются таблицы. При подробном плане в горизонталях изготавливают в масштабе шаблоны кривых (кружки) различных радиусов и при помощи этих шаблонов составляют варианты разнообразных типов серпантин. Для сравнения вариантов вычерчивают продольные и поперечные профили, наносят проектную линию и определяют объем работ с учетом геологического строения местности.

Геометрические элементы серпантины назначают в зависимости от принятой скорости и интенсивности движения. Рекомендуемые геометрические элементы серпантин приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Геометрические элементы серпантин

Элементы серпантин	Величина элемента серпантин при расчетной скорости движения, км/час		
	30	25	20
Минимальный радиус основной кривой, м	30	20	15
Уклон виража, %	60	60	60
Длина переходной кривой, м	30	25	20
Уширение проезжей части, м	2.0	2.5	3.0
Наибольший продольный уклон в пределах серпантин, %	30	35	40

По строительным нормам и правилам расстояние между концом вспомогательной кривой одной серпантины и началом вспомогательной кривой соседней серпантины должно быть, возможно, большим и не менее 400 м для дорог II—III категории, 300 м — для дорог IV категории и 200 м — для дорог V категории.

Укладка серпантин на топографических планах и картах ведется специальными шаблонами или лекалами кривых. Размещение серпантины обычно начинается с укладки на наиболее пологом участке склона местности основной кривой с последующим подбором к ней вспомогательных кривых. При укладке серпантин рассчитывают ширину шейки серпантины l_{III} - минимальное расстояние между встречными ветвями серпантины. Расчет ширины шейки серпантины производится по формуле

$$l_{III} = 2d \cdot \sin \frac{\theta}{2} + B_1 + B_2 \quad (5.9)$$

где $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ - среднее расстояние между вершинами вспомогательных

кривых и центром серпантины;

θ - угол поворота серпантины,

B_1 и B_2 - биссектрисы вспомогательных кривых.

Наличие на дороге серпантин ухудшает ее транспортные качества. На серпантинах приходится резко снижать скорость, а устройство их значительно удорожает строительство из-за больших объемов земляных работ и необходимости устройства подпорных стен. Поэтому при проектировании горных дорог необходимо внимательно проанализировать возможности избежать устройства серпантин.

По полученным результатам составляем ведомость (таблица 5.2).

5.3 Размещение серпантины на местности

Для устройства серпантин выбирают наиболее пологое, устойчивые участки местности. Проектирование серпантин заключается в назначении таких значений ее элементов, при которых обеспечивается размещение на местности земляного полотна со всеми его элементами с обеспечением по возможности минимальных объемов строительных работ. Очертание серпантин обязательно приспособливают к рельефу местности, стремясь, тем не менее, назначать возможно больший радиус основной кривой.

При перенесении запроектированной на плане, карте или аэроснимках серпантины в натуру вначале определяют все ее основные

элементы. Затем на местности вдоль основных линий серпантинны прокладывают теодолитный или тахеометрический ход с установкой колышков в главных точках ее основной и вспомогательных кривых.

Работы выполняют в такой последовательности рисунок 5.1:

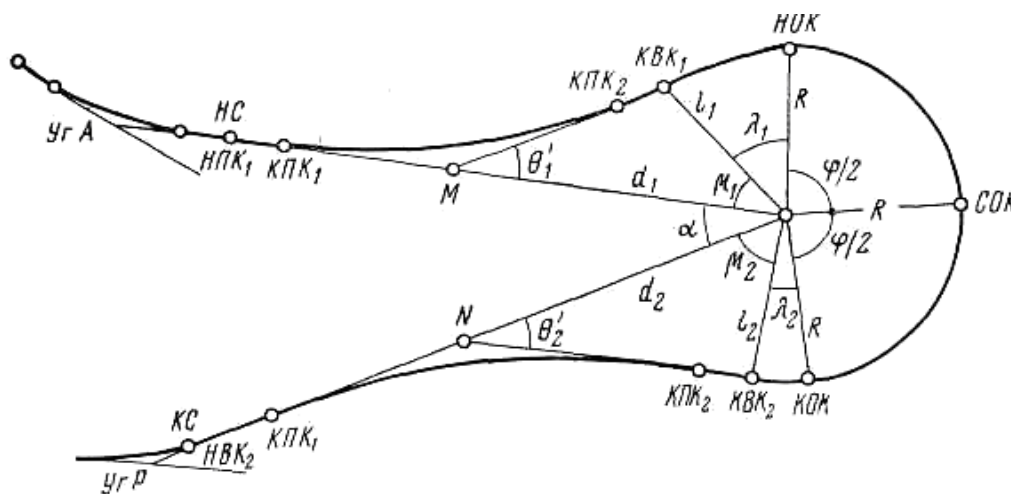


Рисунок 5.2 – Схема разбивки серпантинны на местности

1. Установив теодолит в вершине предшествующего серпантине угла поворота трассы A , откладывают величину этого угла и по полученному направлению отмеряют горизонтальное расстояние между вершиной этого угла и центром серпантинны O . При отложении расстояния отмечают положение вершины угла первой вспомогательной кривой M и точку начала серпантинны HC (начало первой вспомогательной кривой).

2. То же производят и в вершине последующего за серпантиной угла поворота трассы P . При этом уточняют положение на местности центра серпантинны O и размещают точки $КС$ и N .

3. В вершине угла первой вспомогательной кривой M откладывают величину угла θ_1 и вдоль полученного направления — расстояние до начала основной кривой $НОК$ с установкой точки конца первой вспомогательной кривой KBK_2 .

4. То же производят и в угловой точке второй вспомогательной кривой N получая положение точек конца основной кривой $КОК$ и конца второй вспомогательной кривой KBK_2 .

5. Установив теодолит в центре серпантинны, откладывают углы $\mu_{1(2)}$ и $\lambda_{1(2)}$, а по полученным направлениям — длины $l_{1(2)}$ и радиус основной кривой R , чем контролируют установку точек концов вспомогательных кривых, начала и конца основной кривой. Допустимые расхождения увязывают.

6. Отложив теодолитом половину центрального угла $\varphi/2$ вдоль полученного направления, отмеряют длину радиуса основной кривой R и находят середину основной кривой $СОК$. По расположению этой точки относительно других и рельефа местности устанавливают, насколько удачно уложена серпантина.

Разбитые точки серпантины закрепляют в натуре кольями или столбами. Расстояния при разбивке главных точек серпантины можно измерять как стальными рулетками или лентами, так и дальномерами.

При разбивке серпантин с клотоидными кривыми в процессе указанных разбивочных работ дополнительно устанавливают точки углов поворота клотоидных кривых и точки сопряжения клотоид каждого закругления. Вынос или смещение центра серпантины производят в вершинах углов вспомогательных кривых.

6 Соображения по организации реконструкции

Принимаем все основные показатели по организации реконструкции в соответствии с типовыми технологическими картами на устройство земляного полотна и дорожной одежды [17]. Все виды работ выполняются специальными машинно – дорожными отрядами. Для каждого вида работ в операционных технических картах принята соответствующая ведущая машина:

МДО №1 – подготовительные работы;

МДО №2 – удлинение водопропускных труб, ведущая машина – подъемный кран;

МДО №3 – возведение земляного полотна, ведущая машина – экскаватор;

МДО №4 – устройство песчаного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №5 – устройство щебеночного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №6 – устройство покрытия дорожной одежды из асфальтобетонной смеси, ведущая машина – асфальтоукладчик;

МДО №7 – обустройство дороги.

Срок реконструкции принят в 1 год. При обосновании срока строительства учитываем климатические показатели района строительства.

Данные рекомендации приведены в графической части на листе №8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги в Алтайском крае. Для этого был произведен анализ существующей дороги, по результатам которого была выявлена полная непригодность существующей конструкции для дальнейшего эксплуатации.

В настоящей работе были усовершенствованы транспортно-эксплуатационные показатели посредством реконструкции участка автомобильной дороги. В частности, повышены геометрические элементы, изменена проектная линия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги: Минрегион России М.: Москва 2012. – 52с.
- 2 СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* Строительная климатология: Минрегион России М.: Москва 2012.108с.
- 3 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
- 4 Жуков В. И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог: учебное пособие/КрасГАСА. – Красноярск, 2002. – 56 с.
- 5 Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника/ под ред. Г. А. Федотова – Москва: Транспорт, 1989. – 437 с.
- 6 ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы проектирования нежестких дорожных одежд. – ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», МАДИ (ТУ), ГП «РОСДОРНИИ», 2001.01-01. – 93 с.
- 7 ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Введ. с 01.01.2011– М.: Изд-во стандартов, 2010.
- 8 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.04.2015 – Москва: Стандартинформ, 2014.
- 9 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.01.95 – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 10 О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. № 717. Доступ из справ.- правовой сист. «КонсультантПлюс».
- 11 ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. с 31.08.2011 –Москва: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
- 12 ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. с 15.12.2004 – Москва: Стандартинформ, 2005.
- 13 ГОСТ 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. с 01.01.2008. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
- 14 ГОСТ 51256 – 2011 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. с 01.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 28 с.
- 15 ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы и габариты приближения. – Введ. 24.09.2007. – Москва: Стандартинформ, 2008.

16 Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций – Красноярск: ИАС, 2007. – 95 с.

17 Типовые технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды: распоряжение Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-468-р/ РОСАВТОДОР – Москва, 2004.

18 ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – Введ. 01.05.2006. –Москва: Стандартиформ, 2006. – 3 с.

19 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2-07-2014/ Сиб. Федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – 59 с.

20 Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы : учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-тб 2014-144с.

21 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования - Москва: Стандартиформ, 2008.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Локальная смета № 1

на устройство первого варианта дорожной одежды участка автомобильной дороги III технической категории
протяженностью 5 км в Алтайском крае

Сметная стоимость, тыс.руб.	12077,80
Нормативная трудоемкость, тыс. чел-ч	26,02
Сметная ЗП, тыс.руб.	401,74

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работы затрат	Ед. изм.	Количество	Стоимость, руб.		Общая стоимость, руб.			Трудозатраты	
					Прямые затраты	Экспл. машин	Прямые затраты	Зарплата строителя	Экспл. машин	Трудоёмкость строителей, ед, чел.-ч	Трудоёмкость строителей, всего, ед.чел.-ч
					Зарплата строителя	Зарплата машинистов			Зарплата машинистов	Трудоёмкость машинистов, ед, чел.-ч	Трудоёмкость машинистов, всего, ед.чел.-ч
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-04-001-01	Устройство подстилающего слоя основания из пгс h=25	100м 3	198	2886,84	2731,71	571594,32	28666,44	540878,58	15,72	3112,56
					144,78	195,51			38710,98	13,29	2632,35

Продолжение приложения А

2	КСМ	Стоимость не учтенной единичной расценкой песка	м3	21780	202,54		4411321,20				
3	27-04-005-01	Устройство однослойного основания из щебня фракции 40-70 h=20см при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие свыше 98,1 МПа	1000 м2	60	31191,41	6579,71	1871484,60	20986,80	394782,60	37,29	2237,40
					349,78	724,39			43463,40	49,26	2955,51
4	27-04-008 К=9	Добавлять на 1000м2 основания к расценке 27-04-005-01	1000 м2	60	2456,67	538,42	1326601,80	93603,60	290746,80	18,48	9979,20
					173,34	54,43			29392,20	3,70	1998,67
5	27-04-001-01	Устройство покрытия из горячей асфальто-бетонной смеси плотной мелкозернистой типа Б с плотностью каменных материалов 2,5-	1000 м2	35	45540,43	3015,10	1593915,05	14839,30	105528,50	38,30	1340,50
					423,98	288,92			10112,20	19,65	687,63

		2,9 к/м3, К=8-4/0,5=8									
--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение приложения А

7	27-06-021-01 К=8	На каждые 0,5 см изменения толщины к расценке 27-04-001-01 добавлять	1000 м2	35	5251,99	5,74	1470557,20	280,00	1607,20	0,09	25,20
					1,00				0,00	0,00	0,00
11	МДС 81-35-2004	Итого прямых затрат					11245474,17	158376,14	1333543,68		16694,86
									121678,78		8274,16
12	МДС 81-35-2004	Поправка к заработной плате, 60%					168032,95	95025,68	73007,27		
13	МДС 81-35-2004	Итого ПЗ с поправкой к ЗП					11413507,12	253401,82	1406550,95		
									194686,05		
14	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %					238606,79				
15	МДС 81-35-2004	Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся НР						121689,46			

16	МДС 81-35-2004	Нормативная трудоёмкость рабочих, учитывающая НР					1049,87
17	МДС 81-35-2004	Себестоимость СМР	11652113,91				

Продолжение приложения А

18	МДС81-25-2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %	425683,48				
19	МДС 81-35-2004	Сметная стоимость	12077797,39				
20	МДС 81-35-2004	Нормативная трудоёмкость по смете					26018,89
21	МДС 81-35-2004	ЗП по смете всего		401744,38			

Продолжение приложения А

Калькуляция транспортных расходов № 1
на 1 тонну песка

Исходные данные:

1 Вид отпускной цены	"франко-транспортные средства"
2 Вид транспорта	автомобили-самосвалы
Класс груза, согласно номенклатуре и классификации грузов, перевозимых автомобильным транспортом [21, разд. 3А, табл. 5, п. 198]	первый
4 Коэффициент бездорожья	1.0117

Составлена в ценах 2001 г.

Обоснование затрат	Наименование операции	Наименование конечных пунктов	Расстояние, км	Формула расчёта	Итого, руб.
1	2	3	4	5	6
ТСЦ 81-01-2001, Ч. I, Кн. 1: АП, 2005 г., разд. 3А, табл. 8, п.14	Перевозка песка автосамосвалами 10 т, вне карьера	Карьер - место работы	20	$38,93 \cdot 1,0337$	40,24

Окончание приложения А

Калькуляция стоимости материалов

Наименование материала	Ед. изм.	Место отгрузки	Вид цены	Вес единицы брутто, т	Транспортные расходы, руб	Номер КТР	Снабженческо-сбытовая наценка, %	Отпускная цена, руб.	Снабженческо-сбытовая наценка, руб.	Тара, упаковка, реквизит, руб.	Транспортные расходы, руб.	Цена «франко-приобъектный склад», руб.	Заготовительно-складские расходы, руб.	Сметная стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Песок для строительных работ природный (408-9040)	м³	Карьер - место работы	ФТС	1,8	40,24	1	—	126,14	—	—	72,43	198,57	3,97	202,54

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Локальная смета № 2

на устройство второго варианта дорожной одежды участка автомобильной дороги III
технической категории протяженностью 5 км в Алтайском крае

Сметная стоимость, тыс. руб.	14919,37
Нормативная трудоемкость, тыс. чел.-ч	20,06
Сметная зарплата, тыс. руб.	331,06

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работы затрат	Единицы измерения	Количество	Стоимость, руб.		Общая стоимость, руб.			Трудозатраты	
					Прямые затраты	Эксплуатация машин	Прямые затраты	Зарплата строителей	Эксплуатация машин	Трудоёмкость строителей, ед. чел.-ч	Трудоемкость строителей, всего, ед.чел.-ч
					Зарплата строителей	Зарплата машинистов			Зарплата машинистов	Трудоемкость машинистов, ед. чел.-ч	Трудоемкость машинистов, всего, ед.чел.-ч
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-04-001-01	Устройство подстилающего слоя основания из песка h-28 см	100м3	168	2886,84	2731,71	484989,12	24323,04	458927,28	15,72	2640,96
					144,78	195,51			32845,68	13,29	2233,51

Продолжение приложения Б

2	КСМ	Стоимость не учтенной единичной расценкой песка	м3	18480	202,54		3742939,20				
3	27-04-005-01	Устройство однослойного основания из щебня фракции 40-70 h=15см при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие свыше 98,1 МПа	1000м2	60	31191,41	6579,71	1871484,60	20986,80	394782,60	37,29	2237,40
					349,78	724,39			43463,40	49,26	2955,51
5	27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м3 K=8/6=1,333	1000м2	60	40459,44	3082,06	3236755,12	38716,80	246564,79	45,83	3666,40
					483,96	252,63			20210,40	17,18	1374,31

Продолжение приложения Б

7	27-06-020-06	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м3, 8-4/0,5=8	1000 м2	35	43598,95	3006,47	1525963,25	14839,30	105226,45	38,30	1340,50
					423,98	288,47			10096,45	19,62	686,56
8	27-064-021-06 к=8	На каждый 0,5 см изменения толщины покрытия добавлять к расценке 27-06-020-06	1000 м2	35	5035,00	5,42	1409800,00	280,00	1517,60	0,09	25,20
					1,00				0,00	0,00	0,00
5	27-04-001-01	Устройство покрытия из горячей асфальто-бетонной смеси плотной мелкозернистой типа Б с плотностью	1000м2	35	45540,43	3015,10	1593915,05	14839,30	105528,50	38,30	1340,50

		каменных материалов 2,5-2,9 к/м3 К=5-4/0,5			423,98	288,92			10112,20	19,65	687,63
--	--	--	--	--	--------	--------	--	--	----------	-------	--------

Продолжение приложения Б

7	27-06-021-01 К=2	На каждые 0,5 см изменения толщины к расценке 27-04-001-01 добавлять	1000 м2	35	5251,99	5,74	367639,30	70,00	401,80	0,09	6,30
					1,00				0,00	0,00	0,00
11	МДС 81-35-2004	Итого прямых затрат				14233485,64	114055,24	1309913,82		11257,26	
								116728,13		7937,51	
12	МДС 81-35-2004	Поправка к заработной плате, 60%				138470,02	68433,14	70036,88			
13	МДС 81-35-2004	Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате				14371955,66	182488,38	1379950,70			
								186765,01			
14	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %				196627,43					
15	МДС 81-35-2004	Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся накладными расходами					100279,99				
16	МДС 81-35-2004	Нормативная трудоёмкость рабочих, учитывающая накладные расходы								865,16	

17	МДС 81-35-2004	Себестоимость СМР	14568583,09				
18	МДС81-25-2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %	350790,72				

Окончание приложения Б

19	МДС 81-35-2004	Сметная стоимость	14919373,81				
20	МДС 81-35-2004	Нормативная трудоёмкость по смете					20059,93
21	МДС 81-35-2004	Заработная плата по смете		331063,36			

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Объемы земляных работ

Таблица В.1 – Расчет объемов земляных работ

Вводимые данные					Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объемы, м ³		Поправки, м ³		Объемы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	Ширина закуветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина поверху, м	площадь, м ²	насыпь	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом уплотнения	выемка
0+00	0	4,46	4	0	0,00	0,00	56,61	0,00	0	0	0	0	0	0	0
1+00	100	3,97	4	0	0,00	0,00	33,51	0,00	45,06	4464	0	565	-520	4602	0
2+00	100	2,21	4	0	0,00	0,00	45,46	0,00	39,49	3936	0	522	-520	4019	0
3+00	57	2,54	4	0	0,00	0,00	48,15	0,00	46,81	2668	0	338	-296	2765	0
3+57	43	2,64	4	0	0,00	0,00	58,57	0,00	53,36	2291	0	280	-224	2396	0
4+00	14	2,21	4	0	0,00	0,00	69,50	0,00	58,83	820	0	105	-73	869	0
4+14	86	2,46	1,5	0	0,00	0,00	49,50	0,00	59,50	5117	0	253	-447	5023	0
5+00	100	2,21	1,5	0	0,00	0,00	59,25	0,00	54,38	5433	0	316	-520	5335	0
6+00	100	2,12	1,5	0	0,00	0,00	51,40	0,00	55,33	5530	0	320	-520	5438	0
7+00	100	1,57	1,5	0	0,00	0,00	52,90	0,00	52,15	5215	0	307	-520	5104	0
8+00	100	1,32	1,5	0	0,00	0,00	52,04	0,00	52,47	5247	0	308	-520	5138	0
9+00	100	1,84	1,5	0	0,00	0,00	51,83	0,00	51,93	5193	0	306	-520	5081	0
10+00	100	1,63	1,5	0	0,00	0,00	63,33	0,00	57,58	5751	0	329	-520	5673	0
11+00	100	1,38	1,5	0	0,00	0,00	63,78	0,00	63,55	6355	0	353	-520	6315	0
12+00	100	1,83	1,5	0	0,00	0,00	64,24	0,00	64,01	6401	0	355	-520	6364	0
13+00	100	2,71	1,5	0	0,00	0,00	54,63	0,00	59,43	5939	0	336	-520	5873	0

Вводимые данные					Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объемы, м ³		Поправки, м ³		Объемы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	Ширина закуветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина поверху, м	площадь, м ²	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройств дорожной одежды	насыпь с учетом к-та уплотнения	выемка
14+00	6	1,59	1,5	0	0,00	0,00	49,71	0,00	52,17	313	0	30	-31	318	0

Продолжение приложения В

14+06	94	2,00	4	0	0,00	0,00	72,00	0,00	60,86	5720	0	724	-489	6077	0
15+00	100	2,25	4	0	0,00	0,00	41,13	0,00	56,56	5595	0	653	-520	5845	0
16+00	100	2,31	4	0	0,00	0,00	58,90	0,00	50,01	4979	0	607	-520	5169	0
17+00	100	0,49	4	0	0,00	0,00	20,81	0,00	39,85	3857	0	510	-520	3925	0
18+00	100	1,38	1,5	0	0,00	0,00	52,47	0,00	36,64	3573	0	222	-520	3342	0
19+00	100	2,31	1,5	0	0,00	0,00	54,63	0,00	53,55	5355	0	313	-520	5252	0
20+00	100	2,24	1,5	0	0,00	0,00	58,58	0,00	56,61	5660	0	325	-520	5576	0
21+00	100	2,73	4	0	0,00	0,00	74,17	0,00	66,38	6629	0	826	-520	7076	0
22+00	100	3,30	4	0	0,00	0,00	54,68	0,00	64,43	6421	0	714	-520	6750	0
23+00	100	4,57	4	0	0,00	0,00	41,98	0,00	48,33	4821	0	595	-520	4996	0
24+00	87	2,75	4	0	0,00	0,00	28,95	0,00	35,46	3071	0	424	-452	3105	0
24+87	13	2,72	1,5	0	0,00	0,00	49,50	0,00	39,22	503	0	41	-68	486	0
25+00	100	2,37	1,5	0	0,00	0,00	53,98	0,00	51,74	5173	0	305	-520	5059	0
26+00	100	3,25	1,5	0	0,00	0,00	55,94	0,00	54,96	5495	0	318	-520	5402	0
27+00	100	4,57	1,5	0	0,00	0,00	74,66	0,00	65,30	6513	0	359	-520	6482	0
28+00	100	0,78	1,5	0	0,00	0,00	66,09	0,00	70,38	7034	0	379	-520	7034	0
29+00	50	3,11	1,5	0	0,00	0,00	51,83	0,00	58,96	2943	0	173	-260	2914	0
29+50	50	3,00	4	0	0,00	0,00	72,00	0,00	61,91	3095	0	397	-260	3298	0
30+00	100	3,91	4	0	0,00	0,00	32,22	0,00	52,11	5100	0	613	-520	5299	0

31+00	100	2,63	4	0	0,00	0,00	35,89	0,00	34,05	3404	0	475	-520	3428	0
32+00	58	2,52	4	0	0,00	0,00	48,15	0,00	42,02	2430	0	320	-302	2499	0
32+58	42	3,00	1,5	0	0,00	0,00	49,50	0,00	48,83	2045	0	117	-218	1984	0
33+00	41	0,81	1,5	0	0,00	0,00	60,60	0,00	55,05	2254	0	138	-213	2223	0
33+41	59	2,50	4	0	0,00	0,00	72,00	0,00	66,30	3901	0	494	-307	4172	0
34+00	100	1,05	1,5	0	0,00	0,00	34,22	0,00	53,11	5296	0	261	-520	5140	0
35+00	74	1,13	4	0	0,00	0,00	32,22	0,00	33,22	2445	0	389	-385	2498	0
35+74	26	1,5	1,5	0	0,00	0,00	49,50	0,00	40,86	1051	0	71	-135	1007	0
36+00	100	1,43	1,5	0	0,00	0,00	79,83	0,00	64,67	6423	0	355	-520	6386	0
37+00	100	1,92	1,5	0	0,00	0,00	83,36	0,00	81,60	8159	0	421	-520	8224	0

Продолжение приложения В

38+00	31	2,80	1,5	0	0,00	0,00	63,10	0,00	73,23	2265	0	129	-161	2278	0
38+31	69	3,00	4	0	0,00	0,00	72,00	0,00	67,55	4643	0	585	-359	4969	0
39+00	100	3,62	4	0	0,00	0,00	60,22	0,00	66,11	6603	0	727	-520	6950	0
40+00	100	4,04	4	0	0,00	0,00	46,06	0,00	53,14	5300	0	632	-520	5523	0
41+00	100	1,51	4	0	0,00	0,00	26,76	0,00	36,41	3606	0	492	-520	3651	0
42+00	100	1,29	4	0	0,00	0,00	22,36	0,00	24,56	2454	0	383	-520	2364	0
43+00	100	1,32	4	0	0,00	0,00	20,38	0,00	21,37	2136	0	349	-520	2006	0
44+00	100	1,47	4	0	0,00	0,00	34,82	0,00	27,60	2736	0	410	-520	2680	0
45+00	100	1,53	4	0	0,00	0,00	18,88	0,00	26,85	2655	0	402	-520	2589	0
46+00	100	1,60	4	0	0,00	0,00	29,44	0,00	24,16	2402	0	377	-520	2305	0
47+00	100	1,65	4	0	0,00	0,00	64,96	0,00	47,20	4624	0	576	-520	4776	0
48+00	100	1,37	4	0	0,00	0,00	62,91	0,00	63,94	6393	0	713	-520	6720	0
49+00	100	1,61	4	0	0,00	0,00	43,13	0,00	53,02	5275	0	630	-520	5495	0
50+00	100	1,13	4	0	0,00	0,00	48,46	0,00	45,79	4577	0	576	-520	4728	0

Итого										255292	0			257994	0
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	---	--	--	--------	---

Продолжение приложения В

Таблица В.2 – Объем работ по возведению насыпи до проектной отметки

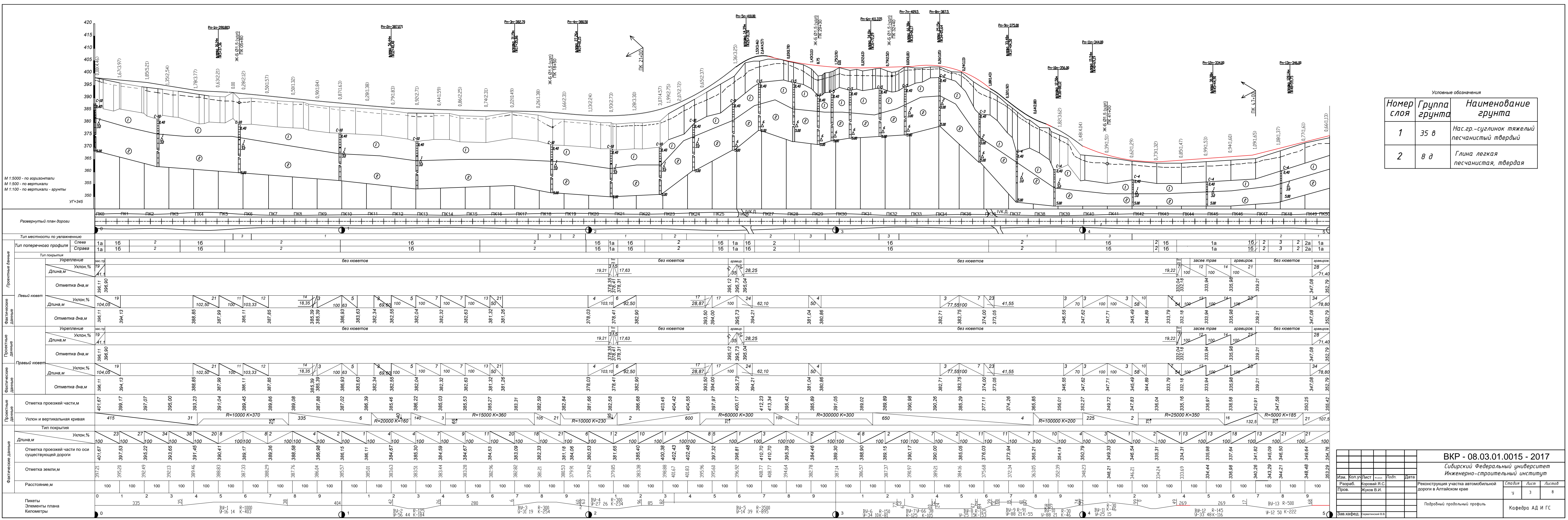
ПК	Объем существующей насыпи	Объем работ по возведению насыпи до проектной отметки
0+00	0	0
1+00	2293	2309
2+00	3144	875
3+00	3202	1958
4+00	3969	1924
5+00	5256	80
6+00	5438	0
7+00	5104	0
8+00	5138	0
9+00	5081	0
10+00	5673	0
11+00	6315	0
12+00	6364	0
13+00	5873	0
14+00	5104	1290
15+00	4656	1189
16+00	4230	939
17+00	2621	1304
18+00	3170	172
19+00	5126	126
20+00	5115	461
21+00	4946	2131
22+00	3743	3007
23+00	2400	2596
24+00	1666	1925
25+00	2954	2105
26+00	4934	467
27+00	5720	762
28+00	6014	1020
29+00	5096	1116
30+00	3154	2145
31+00	1631	1797
32+00	1346	3137
33+00	2842	3554
34+00	3567	1573
35+00	1808	1697
36+00	3878	2507
37+00	5320	2905
38+00	3115	4132
39+00	2116	4833
40+00	1255	4268
41+00	429	3222
42+00	11	2374
43+00	1425	581

Окончание приложения В

ПК	Объем существующей насыпи	Объем работ по возведению насыпи до проектной отметки
44+00	2964	0
45+00	3122	0
46+00	3506	0
47+00	3847	928
48+00	3868	2852
49+00	3167	2328
50+00	1971	2756

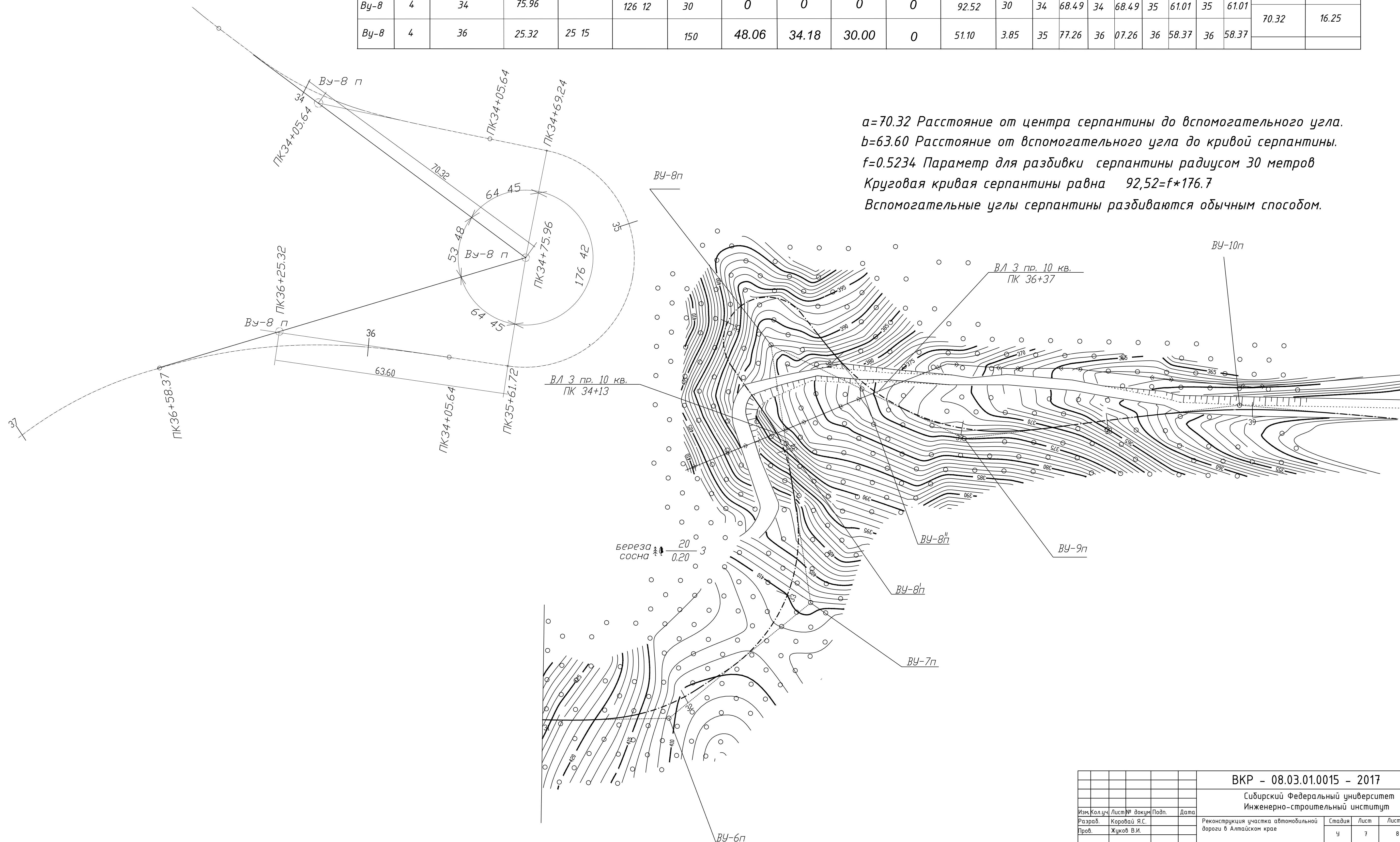
Итого:

75346 м³



ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус М	Элементы кривой , м						Положение переходных кривых								Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	начало		конец		конец		начало				
												ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+			
Ву-8	4	34	05.64	25 15		150	34.18	48.06	0	30	51.10	3.85	33	71.46	33	71.46	34	22.56	34	52.56		
Ву-8	4	34	75.96		126 12	30	0	0	0	0	92.52	30	34	68.49	34	68.49	35	61.01	35	61.01	70.32	15.93
Ву-8	4	36	25.32	25 15		150	48.06	34.18	30.00	0	51.10	3.85	35	77.26	36	07.26	36	58.37	36	58.37	70.32	16.25



						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Алтайском крае	Склад	Лист	Листов
Разраб.	Коровай Я.С.						у	7	8
Пров.	Жуков В.И.					Серпантинна, ведомость углов поворота, прямых и кривых	Кафедра АДУГС		
Зав. кафедр	Сибирский В.В.								